



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΩΚΕΑΝΟΓΡΑΦΙΑΣ ΚΑΙ
ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΒΙΟΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΠΜΣ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ
ΠΑΡΑΚΤΙΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ**

**ΦΕΡΟΥΣΑ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΣΤΗΝ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ
ΠΑΡΑΚΤΙΑΣ ΖΩΝΗΣ:**

ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΣΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΝΕΡΟΥ

Πολύζου Ελένη

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΤΣΙΡΤΣΗΣ

ΜΥΤΙΛΗΝΗ 2019

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών

Ολοκληρωμένης Διαχείρισης Παράκτιων Περιοχών

Τμήμα Ωκεανογραφίας και Θαλασσίων Βιοεπιστημών

Πολύζου Ελένη

ΤΙΤΛΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ:

ΦΕΡΟΥΣΑ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΣΤΗΝ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ

ΠΑΡΑΚΤΙΑΣ ΖΩΝΗΣ:

ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΣΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΝΕΡΟΥ

Τριμελής Επιτροπή Κρίσης της Εργασίας

Τσιρτσής Γεώργιος Επιβλέπων Καθηγητής

Τζωράκη Ουρανία

Κόκκορης Γεώργιος

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω από καρδιάς όλους τους ανθρώπους που με το δικό του μοναδικό τρόπο με βοήθησαν και στήριξαν στη διάρκεια ολοκλήρωσης αυτής της εργασίας...

Αρχικά να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον κ. Τσιρτσή Γιώργο καθηγητή και επιβλέποντα της διπλωματικής εργασίας, για την καθοδήγηση και υποστήριξη που μου προσέφερε στη διάρκεια της εκπόνησής της...

Ακόμη ιδιαιτέρως ευχαριστώ τον Βαγγέλη, την Ελένη, την Ειρήνη για τη συμπαράσταση και τη θετική ενέργεια που απλόχερα μου χάρισαν...

Ολοκληρώνοντας θα ήθελα να ευχαριστήσω τη μητέρα μου που πάντα πίστευε και πιστεύει στις δυνατότητές θετικής εξέλιξής μου ως άνθρωπο... και στον εκλιπόντα πατέρα μου για τους ίδιους λόγους...

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η οικονομική ανάπτυξη και κοινωνική ευημερία μιας περιοχής εξαρτώνται σε σημαντικό βαθμό από τους διαθέσιμους υδατικούς πόρους αυτής. Επίσης παίζουν καθοριστικό ρόλο στη διατήρηση των οικοσυστημικών λειτουργιών του περιβάλλοντος. Είναι επιτακτική, λοιπόν η ανάγκη της αειφορικής διαχείρισης των υδατικών πόρων, ειδικά στις παράκτιες και νησιωτικές περιοχές, όπου λόγω των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών τους, η διαθεσιμότητα νερού, σε πολλές περιπτώσεις είναι περιορισμένη. Στην παρούσα εργασία αρχικά διερευνήθηκε η έννοια της Φέρουσας Ικανότητας, τόσο η εξέλιξη της στο χρόνο όσο και σε διάφορα επιστημονικά πεδία. Τέλος αναπτύχθηκε πρότυπη μεθοδολογία για την ενσωμάτωση της Φέρουσας Ικανότητας Υδατικών Πόρων στην Ολοκληρωμένη Διαχείριση Νησιωτικού Περιβάλλοντος. Πραγματοποιείται χρήση μοντέλου Ολοκληρωμένης Διαχείρισης Νησιωτικού Περιβάλλοντος και εξετάζονται τέσσερα σενάρια για τη δυνατότητα οικονομικής και κοινωνικής ανάπτυξης της περιοχής μελέτης. Στα δύο πρώτα εξετάζεται η δυνατότητα περαιτέρω ανάπτυξης με κατανάλωση μέχρι του 50% του νερού που κατεισδύει και δυνατότητα συγκράτησης του 30% του νερού που απορρέει. Τα επόμενα δύο αποτελούν αναγωγή των δύο πρώτων σε συνθήκες κλιματικής αλλαγής. Η μεθοδολογία εφαρμόζεται στο νησί της Λέσβου, τυπικό νησί της Μεσογείου.

ABSTRACT

The economic growth and social welfare of coastal areas or an island depends on the available water resources. Water resources, also, play a key role to the supply and conservation of ecosystem services. The need for a sustainable management of the water resources is crucial, especially in coastal and island regions where due to their particular characteristics, the water availability is limited. In this thesis the concept of Carrying Capacity was initially analyzed both its evolution in time and in various scientific fields. Then a methodology incorporating the concept of Water Resources Carrying Capacity into the Integrated Management of the Island was developed. An Integrated Island Management Model is used and four scenarios are considered for the potential economic and social development of the study area. The first two consider the possibility of further development with water consumption up to 50% of the available water and the possibility of retaining 30% of runoff. The next two scenarios consider the above taking into account the climate changes. The methodology is applied to Lesvos, a typical Mediterranean island.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	9
1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΣΤΗΝ ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΦΕΡΟΥΣΑΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ	9
1.2 Η ΦΕΡΟΥΣΑ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΣΤΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ	14
1.3 Η ΦΕΡΟΥΣΑ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΣΕ ΖΩΝΤΕΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥΣ	16
1.4 Η ΦΕΡΟΥΣΑ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΣΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΒΟΣΚΟΤΟΠΩΝ	16
1.5 Η ΦΕΡΟΥΣΑ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΣΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΓΡΙΑΣ ΠΑΝΙΔΑΣ	17
1.6 Η ΦΕΡΟΥΣΑ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΥΠΟ ΤΟ ΠΡΙΣΜΑ ΤΟΥ ΟΔΥΜ	20
1.7 Η ΦΕΡΟΥΣΑ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΑΝΘΡΩΠΙΝΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ	22
1.8 ΣΥΧΡΟΝΟΙ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΙΣΜΟΙ	24
2. ΥΔΑΤΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ	27
2.1 Η ΑΞΙΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ	27
2.2 ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ – ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΙΣΟΣΥΓΙΟ	28
2.3 ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ	31
2.4 ΥΔΑΤΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ ΣΕ ΝΗΣΙΩΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ	32
2.5 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ	34
2.6 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΣΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ	35
2.7 ΦΕΡΟΥΣΑ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ	37
2.8 Η ΕΡΕΥΝΑ ΓΙΑ ΤΗ ΦΕΡΟΥΣΑ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ	39
2.9 ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ ΣΕ ΝΗΣΙΩΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ – ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΛΕΣΒΟΥ	40
3. ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΑΡΑΚΤΙΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ	43
3.1 Η ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΤΟΥ ΟΡΟΥ	43
3.2 ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΝΗΣΙΩΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ	44
4. ΣΤΟΧΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	47

5. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	48
5.1 ΜΟΝΤΕΛΟ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΝΗΣΙΩΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ	48
5.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ	51
5.3 ΥΠΟΜΟΝΤΕΛΟ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ	53
5.4 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΗ ΧΡΗΣΗ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ	55
6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	57
6.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	57
6.2 ΣΕΝΑΡΙΟ 1 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΕ ΟΡΙΟ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ 50% ΣΤΟ ΔΙΑΘΕΣΙΜΟ ΝΕΡΟ	60
6.3 ΣΕΝΑΡΙΟ 2 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΕ ΟΡΙΟ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ 50% ΣΤΟ ΔΙΑΘΕΣΙΜΟ ΝΕΡΟ ΚΑΙ 30% ΑΝΑΣΧΕΣΗΣ ΝΕΡΟΥ ΠΟΥ ΑΠΟΡΡΕΕΙ	63
6.4 ΣΕΝΑΡΙΟ 3 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΕ ΟΡΙΟ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ 50% ΣΤΟ ΔΙΑΘΕΣΙΜΟ ΝΕΡΟ ΣΕ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ	67
6.5 ΣΕΝΑΡΙΟ 4 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΕ ΟΡΙΟ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ 50% ΣΤΟ ΔΙΑΘΕΣΙΜΟ ΝΕΡΟ ΚΑΙ 30% ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΑΝΑΣΧΕΣΗΣ ΝΕΡΟΥ ΠΟΥ ΑΠΟΡΡΕΕΙ ΣΕ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ	70
6.6 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΚΑΙ ΕΤΟΥΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ	74
7. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	80
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	84

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η έννοια της Φέρουσας Ικανότητας, στην Ανθρώπινη Ιστορία, είναι πολύ πιθανό να εμφανίστηκε αρκετά πριν την ύπαρξη του γραπτού λόγου. Εικάζεται ότι στις πρώιμες γεωργικές κοινωνίες, περίπου 10000 χρόνια πριν, υπήρχε η γνώση του αριθμού ατόμων που μια περιοχή είχε τη δυνατότητα να θρέψει και ότι ο αυξανόμενος αριθμός ατόμων απαιτούσε και αύξηση παραγωγής τροφής, όπως για παράδειγμα καλλιεργήσιμη γη. Ακόμη και νωρίτερα στην Ιστορία του Ανθρώπου στην εποχή της τροφοσυλλεκτικής κοινωνίας πιθανά να ήταν γνωστός ο βιώσιμος αριθμός ατόμων που διάφορες περιοχές θα μπορούσαν να υποστηρίξουν. Σε δύσκολες περιόδους, οι πληθυσμοί έφτασαν ή και ξεπέρασαν αυτό που μπορεί να θεωρηθεί φέρουσα ικανότητα και οι συνθήκες αυτές επέβαλλαν ενδεχομένως, το νομαδικό τρόπο ζωής, κατά τον οποίο και σε τακτά χρονικά διαστήματα, ομάδες ανθρώπων έπρεπε να μετακινηθούν μετά την εξάντληση των τοπικών πόρων. Μελετώντας τις πληθυσμιακές δυναμικές παρελθόντων ετών φαίνεται η δυσκολία στον ορισμό της έννοιας της Φέρουσας Ικανότητας καθώς οφείλει να αναπαριστά μια δυναμική αξία, η οποία εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από πολλούς αλληλοεπιδρώντες παράγοντες, όπως η μεταβλητότητα του περιβάλλοντος.

1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΣΤΗΝ ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΦΕΡΟΥΣΑΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ

Σύμφωνα με αρκετούς επιστήμονες η θεωρία του Αιδεσιμότατου Thomas Robert Malthus, όπως παρουσιάζεται στο *Δοκίμιο επί των Αρχών του Πληθυσμού* δύναται να θεωρηθεί ότι παρέχει τη βάση για την έννοια της Φέρουσας Ικανότητας, (Hartvigsen 2017), καθώς θεώρησε ότι η έλλειψη τροφής και η συνεπαγόμενη «αμαρτία και δυστυχία» αποτελούν τους «ελέγχους», στην πληθυσμιακή αύξηση, που επιβάλλονται από τα καθορισμένα όρια της φύσης (Bowen, 1954). Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί ότι σε κανένα από τα κείμενα του Malthus δεν αναφέρεται ο όρος Φέρουσα Ικανότητα.

Η Θεωρία του Malthus βασίστηκε σε τρεις βασικές υποθέσεις, οι οποίες είναι:

1. Θεώρησε ότι η τροφή είναι απαραίτητη για την ύπαρξη του ανθρώπου και αποτελεί τον αποκλειστικό περιοριστικό παράγοντα στην αύξηση του ανθρώπινου πληθυσμού,
2. Έδωσε ιδιαίτερη έμφαση στην υπόθεση ότι ο ανθρώπινος πληθυσμός αυξάνεται γεωμετρικά (1,2,4,8,32,64,...) καθώς ο Θεός ενστάλαξε στους ανθρώπους αμετάβλητη δύναμη και αρέσκεια για αναπαραγωγή, και
3. Θεώρησε δεδομένο ότι η παραγωγή τροφής δύναται να αυξηθεί μόνο με γραμμική πρόοδο (1,2,3,4,5,...) γεγονός που θα οδηγούσε αναπόφευκτα σε συνθήκες έλλειψης τροφής δεδομένης της γεωμετρικής αύξησης του πληθυσμού.

Στο σημείο αυτό αξίζει να αναφερθεί, ότι ο Malthus συμπέρανε την ιδέα της γεωμετρικής αύξησης του ανθρώπινου πληθυσμού από αυξήσεις πληθυσμών καταγεγραμμένων στη Βόρεια Αμερική και που στην εποχή του δεν είχε παρατηρηθεί κάπου αλλού. Μάλιστα αν παρατηρηθούν τα μοτίβα πληθυσμιακής αύξησης, σε παγκόσμια κλίμακα, κατά τη διάρκεια των τελευταίων χιλίων ετών θα διαπιστωθεί ότι διαφορετικοί πληθυσμοί παρουσιάζουν διαφορετικές γεωμετρικές καμπύλες αύξησης. Όμως το σημαντικό που θα πρέπει να επισημανθεί είναι ότι κατά τη διάρκεια των τελευταίων χιλίων ετών, οι χρονικές περίοδοι κατά τις οποίες ο παγκόσμιος πληθυσμός διπλασιάζεται γίνονται όλο μικρότερες. Τέλος θα πρέπει επίσης να επισημανθεί ότι το φαινόμενο της μετανάστευσης που σημειώθηκε στη Βόρεια Αμερική το οποίο δύναται να δικαιολογήσει τη γεωμετρική αύξηση του πληθυσμού αυτής, αγνοήθηκε από τον Malthus.

Οι τρεις αυτές υποθέσεις διαμορφώνουν τα θεμέλια για την εξήγηση που έδωσε ο Malthus για τη δυστυχία και τις ελλείψεις που παρατήρησε στην Αγγλία και για την πρόβλεψη του για παντοτινή έλλειψη τροφής και φτώχεια. Θεώρησε ότι η έλλειψη τροφής και η συνεπαγόμενη «αμαρτία και δυστυχία», τα οποία σύμφωνα με το δόγμα του συνυπήρχαν με την ανθρωπότητα, αποτελούν τους «ελέγχους» στην πληθυσμιακή αύξηση που επιβάλλονται από τα καθορισμένα όρια της φύσης (Bowen 1954).

Ο ρόλος του Malthus στη διαμόρφωση των ιδεών του Darwin και η επίδραση του στην συνολική εξελεγκτική σκέψη του 19^{ου} αιώνα είναι αδιαμφισβήτητα εμφανής (Young 1969). Ο Darwin υιοθέτησε τις απόψεις του Malthus για τη γεωμετρική αύξηση των πληθυσμών και τα όρια που θέτονται από τον περιορισμό των πόρων. Η ιδέα της πληθυσμιακής πίεσης ήταν κεντρική στην ανάπτυξη της έννοιας της Φυσικής Επιλογής και ως εκ τούτου ενός μηχανισμού που εξηγεί την βιολογική ποικιλότητα και εξέλιξη. Στο έργο του Darwin «Η μεταβολή των ζώων και φυτών σε συνθήκες εξημέρωσης» διαβάζουμε «... είδα διαβάζοντας Malthus, το Δοκίμιο επί των αρχών πληθυσμού, ότι η Φυσική Επιλογή ήταν αναπόφευκτο αποτέλεσμα της γρήγορης αύξησης των πληθυσμών» (Darwin 1969). Επιπλέον ο Darwin αποκάλυψε στην Αυτοβιογραφία του:

«Τον Οκτώβριο του 1838, δεκαπέντε μήνες μετά την έναρξη της συστηματικής μου έρευνας, έτυχε να διαβάσω για ψυχαγωγία, το Δοκίμιο επί των Αρχών του Πληθυσμού και ήμουν καλά προετοιμασμένος να εκτιμήσω τον αγώνα για επιβίωση, ο οποίος συμβαίνει παντού και αναγνωρίζεται με τη μακρόχρονη παρατήρηση των συνηθειών των ζωικών και φυτικών οργανισμών, αντιλήφθηκα αμέσως ότι κάτω από αυτές τις συνθήκες οι πλεονεκτικές μεταβολές τείνουν να διατηρούνται και οι δυσμενείς τείνουν να εξαλείφονται. Το αποτέλεσμα αυτού θα ήταν η διαμόρφωση νέων ειδών» (Darwin, 1993).

Η αναφορά του Darwin στο Malthus και στις ιδέες του εμφανώς υποδεικνύουν την σημαντική επίδραση του Malthus στην πιο σημαντική θεωρία της επιστήμης της Βιολογίας. Αξίζει να σημειωθεί ότι ούτε στα κείμενα του Darwin αναφέρεται ο όρος Φέρουσα Ικανότητα.

Ο μαθηματικός Pierre Francois Verhulst το 1832 για πρώτη φορά εφάρμοσε την ιδέα του Malthus, δηλαδή ότι μια ανεξέλεγκτη πληθυσμιακή αύξηση περιορίζεται μόνο από τα όρια των φυσικών πόρων σε μαθηματική εξίσωση, την οποία ονόμασε λογιστική εξίσωση. Για το λόγο αυτό, αρκετοί επιστήμονες της Οικολογίας (Odum 1971, Botkin 1990) αποδίδουν τον όρο Φέρουσα Ικανότητα σε αυτόν παρόλο που ούτε και ο Verhulst ποτέ δεν χρησιμοποίησε τον όρο αυτό.

Η εξίσωση της λογιστικής αύξησης (logistic growth) είναι:

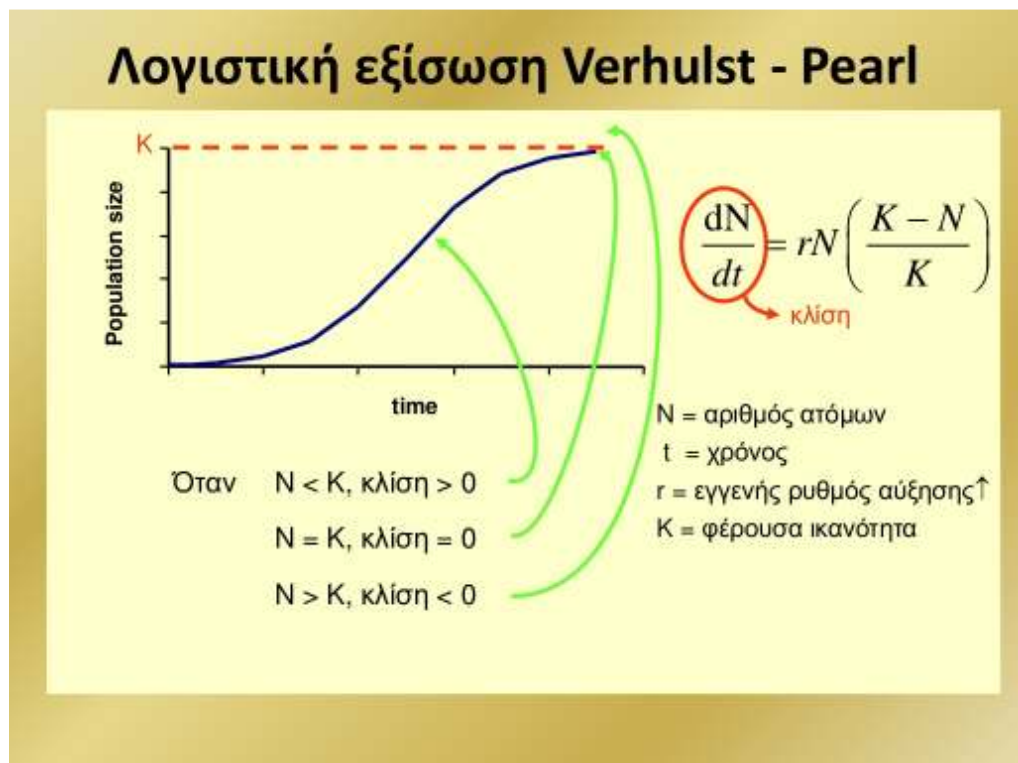
$$\frac{dN}{dt} = rN\left(K - \frac{N}{K}\right)$$

Όπου: N είναι ο πληθυσμός

r είναι ο ενδογενής ρυθμός αύξησης και

K είναι το ανώτερο όριο αύξησης (Φέρουσα Ικανότητα)

Ένας όρος της λογιστικής αύξησης που εισήγαγε ο Verhulst είναι ο σταθερός σχετικός ρυθμός αύξησης που αργότερα ονομάστηκε Μαλθουσιανή παράμετρος r (r= ρυθμός γεννήσεων (b) – ρυθμός θνησιμότητας (d)). Αντιπροσωπεύει την υπόθεση του Malthus για εκθετική αύξηση, η οποία και αποτυπώθηκε στην λογιστική εξίσωση (Εικόνα 1). Η εξίσωση είναι : $\frac{dN}{dt} = rN$



Εικόνα 1: Λογιστική εξίσωση Verhulst - Pearl

Θα πρέπει, όμως, να απορριφθεί η ύπαρξη μιας μόνιμης εκθετικής αύξησης, η οποία αποτελεί ιδέα του Malthus και των προκατόχων του για την εγγενή ανάπτυξη των πληθυσμών, καθώς δεν συμπεριλαμβάνει ένα ανώτερο όριο (Hutchinson 1979). Τέτοια αύξηση μπορεί να παρατηρηθεί μόνο για μικρές χρονικές περιόδους. Για αυτό και η εξίσωση του Verhulst λαμβάνει υπόψη όρια στην αύξηση του πληθυσμού (φέρουσα ικανότητα K), η οποία με τους όρους του Malthus, αντιπροσωπεύει την έλλειψη τροφής. Στο K , ο ρυθμός γεννήσεων ισούται με το ρυθμό θνησιμότητας οδηγώντας σε ένα σταθερό ή ισορροπημένο πληθυσμιακό μέγεθος ($dN/dt=rN=0$, $r=0$) (Σχ. 1). Με την εισαγωγή του όρου $(K-N)/K$ ο ρυθμός αύξησης dN/dt αυξάνεται στο μέγιστο καθώς το N πλησιάζει το $K/2$ και μετά πέφτει ασυμπτωτικά στο μηδέν, καθώς ο πληθυσμός N πλησιάζει το K (Φέρουσα Ικανότητα).

Έναν αιώνα αργότερα, το 1920, ο Καθηγητής Βιομετρίας και Ζωικής Βιολογίας Raymond Pearl και ο συνεργάτης του Lowell J. Reed, οι οποίοι πιθανά είχαν άγνοια για την εργασία του Verhulst, επίσης διαμόρφωσαν μια καμπύλη λογιστικής αύξησης και την εφάρμοσαν σε απογραφικά στοιχεία των ΗΠΑ (Pearl and Reed 1920). Όμως οι εφαρμογές των καμπυλών τόσο του Verhulst όσο και των Pearl and Reed, σε εμπειρικά δεδομένα είναι αμφίβολα καθώς αποτυγχάνουν να λάβουν υπόψη τη μετανάστευση (συνάγεται από το r) και στην περίπτωση των Pearl and Reed στην επέκταση του σε όλο το αμερικανικό έδαφος (Cohen 1995b). Πέραν ενός μικρού χρονικού διαστήματος, τα εμπειρικά δεδομένα δεν επέτρεπαν μια αξιόπιστη επαλήθευση, γεγονός που ο Verhulst (1838) το παραδέχθηκε. Όμως η επιτυχία του Pearl να προωθήσει τη δουλειά του αποδεικνύεται στο ότι το όνομα του συνδέεται με του Verhulst στη λογιστική εξίσωση, η οποία πλέον είναι γνωστή ως Verhulst – Pearl λογιστική εξίσωση.

Από τότε που δημιουργήθηκε η λογιστική εξίσωση έχουν υπάρξει αμέτρητες εφαρμογές της, στις οποίες όμως η εξίσωση μόνο μερικές φορές έχει επιβεβαιωθεί από εμπειρικά δεδομένα και για ορισμένο χρονικό διάστημα. Φαίνεται «ότι η λογιστική καμπύλη δουλεύει μέχρι να μην δουλεύει πλέον» (Cohen, 1995a). Ένας σημαντικός λόγος για την έλλειψη εμπειρικής επιβεβαίωσης της λογιστικής εξίσωσης είναι ότι οι παράμετροι r και K υποτίθεται ότι δεν αλλάζουν στο χρόνο, το

περιβάλλον υποτίθεται ότι παρέχει σταθερά θρεπτικά και πόρους, τα χωρικά όρια των πληθυσμών θεωρούνται δεδομένα και γνωστά, το σύστημα είναι κλειστό μη επιτρέποντας εκπατισμό ή μετανάστευση, ή είσοδο ή έξοδο (Cohen 1995a).

Με την εισαγωγή της εξίσωσης της λογιστικής αύξησης οι υποθέσεις του Malthus, σχετικά με την πληθυσμιακή ανάπτυξη και τα όρια βρήκαν τελικά μια μαθηματική έκφραση. Ωστόσο τα εμπειρικά στοιχεία που υποστηρίζουν τις υποθέσεις αυτές παραμένουν ισχνά και υπάρχει μεγάλη αβεβαιότητα σχετικά με τις δημογραφικές και κοινωνικές εξελίξεις, τις δυνατότητες των οικοσυστημάτων και των αποθεμάτων. Γιαυτό και οι εκτιμήσεις σχετικά με τη Φέρουσα Ικανότητα της Γης, που πραγματοποιήθηκαν κατά το 2^ο μισό του 20^{ου} αιώνα διαφέρουν σε μεγάλο βαθμό και τα αποτελέσματα τους κυμαίνονται από 1 δισεκατομμύριο έως 1000 δισεκατομμύρια ανθρώπους, οι οποίοι μπορούν να υποστηριχθούν από τη Γη (Cohen 1995b).

Όπως ήδη έχει ειπωθεί ούτε ο Malthus ούτε ο Verhulst ανέφεραν επακριβώς τον όρο Φέρουσα Ικανότητα. Από πού προήλθε, λοιπόν, η έννοια αυτή; Πως σχεδιάστηκε αρχικά και σε ποιο βαθμό οι ρίζες της έχουν διαμορφωθεί στην πάροδο του χρόνου και στα διάφορα επιστημονικά πεδία; Σύμφωνα με τον Sayre (2008) κανένας δεν έχει απαντήσει στα ερωτήματα αυτά.

1.2 Η ΦΕΡΟΥΣΑ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΣΤΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ

Ο όρος Φέρουσα Ικανότητα, σύμφωνα με τον Sayre (2008), αρχικά αναφέρεται στις μηχανικές ιδιότητες κατασκευασμένων αντικειμένων ή συστημάτων. Οι πρώτες γραπτές αναφορές του όρου εμφανίζονται σε κείμενα ναυτιλίας με την έλευση της ατμοκίνησης. Από το 15^ο αιώνα, ο όρος «τονάζ» στη ναυτιλία αναφέρεται στο φόρο που επιβάλλεται σε φορτίο ανά όγκο. Το τονάζ όμως δεν καθορίζονταν με τη μέτρηση του φορτίου αλλά για κάθε πλοίο πραγματοποιούνταν με εξωτερική μέτρηση αυτού και στη συνέχεια το τονάζ εκτιμάτο μέσω μιας σειράς υπολογισμών. Το αποτέλεσμα του υπολογισμού (τονάζ) αποτελούσε πλέον μια ιδιότητα του ίδιου

του πλοίου και οι φόροι επιβάλλονταν σύμφωνα με αυτό και ανεξάρτητα του πόσο φορτίο το πλοίο μετέφερε σε κάθε ταξίδι του.

Η έλευση των ατμόπλοιων κατέστησε αναγκαίους νέους τρόπους υπολογισμού των φόρων που να αντισταθμίζουν τον μεγαλύτερο όγκο που η νέα τεχνολογία προσέφερε σε σχέση με τα ιστιοφόρα πλοία. Προέκυψε, ειδικά, από τις τεράστιες ποσότητες καυσίμου και νερού που απαιτούνται για τη δημιουργία ατμού, καθώς τα βάρη αυτά δεν εξαιρούνται από τους υπολογισμούς του τονάζ. Τουλάχιστον απαιτούνταν η φορολόγηση του κάθε πλοίου να είναι ανάλογη της ποσότητας φορτίου που μπορούσε να μεταφέρει παρά ανάλογη ενός μεγέθους που προέρχεται από το συνολικό μέγεθος του πλοίου. Η Φέρουσα Ικανότητα «αιχμαλώτισε» τη διάκριση αυτή (Sayre 2008).

Λογικό ήταν ότι εφόσον η Φέρουσα Ικανότητα διέκρινε την ποσότητα που μετέφερε ένα πλοίο από το ίδιο το πλοίο, η έννοια αυτή να επεκταθεί και σε άλλα μέσα μεταφοράς, όπως σιδηρόδρομοι ή άλλα συστήματα μεταφοράς και επικοινωνίας, που ανακαλύπτονταν στα τέλη του 19^{ου} αιώνα. Σταδιακά και εν τέλει, ο όρος έχασε την σύνδεσή του με τους επιβαλλόμενους φόρους – κάτι που το τονάζ ακόμη διατηρεί – και έγινε απλά ένα μέτρο του πόσο πολύ X ένα άψυχο Y μπορούσε να μεταφέρει. Από γραπτά κείμενα προκύπτει ότι προς τα τέλη του 19^{ου} αιώνα, ο όρος Φέρουσα Ικανότητα σχετιζόταν περισσότερο με το βάρος παρά με τον όγκο. Η ικανότητα των αρδευτικών καναλιών και σωλήνων να μεταφέρουν νερό, των αερόστατων να μεταφέρουν βάρος κ.α., όλα μετριόνταν και αναφέρονταν ως Φέρουσα Ικανότητα, την τελευταία δεκαετία του 19^{ου} αιώνα (Gast 1898).

Σε όλες τις περιπτώσεις η Φέρουσα Ικανότητα ήταν ένα ποσοτικό μέγεθος αντικειμένων ή συστημάτων κατασκευασμένων από τον άνθρωπο, το οποίο μπορούσε να υπολογιστεί και να προβλεφθεί με αξιόπιστη (αν όχι τέλεια) ακρίβεια. Πολλές από αυτές τις χρήσεις του όρου εξακολουθούν να ισχύουν και σήμερα ειδικά στον κλάδο της Μηχανικής, με την έννοια της Φέρουσας Ικανότητας να εκφράζεται με τον όρο ωφέλιμο φορτίο. Καθώς κάποιος μπορεί να μεταφέρει περισσότερο βάρος σε ένα φορτηγό σε σχέση με το επίσημο ωφέλιμο φορτίο του, η Φέρουσα Ικανότητα με αυτή τη χρήση αποτελεί ένα προκαθορισμένο ιδεώδες

αφαιρούμενο από μεταβλητά ποσά που ένα συγκεκριμένο πλοίο, σιδηρόδρομος, κανάλι ή ηλεκτρική γραμμή μπορεί πραγματικά να μεταφέρει σε μια συγκεκριμένη στιγμή στο χρόνο. Αναφέρεται στο ποσό του Χ που το Υ σχεδιάστηκε να μεταφέρει (Sayre 2008).

1.3 Η ΦΕΡΟΥΣΑ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΣΕ ΖΩΝΤΕΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥΣ

Όταν για πρώτη φορά η έννοια της Φέρουσας εφαρμόστηκε σε ζώντες οργανισμούς και φυσικά συστήματα, στη δεκαετία του 1870, διατήρησε την κυριολεκτική της έννοια μεταφοράς μερικών Χ ενώ το Υ επεκτάθηκε ώστε να περιλαμβάνει ζώα και ανθρώπους και μετέπειτα εφαρμόστηκε ακόμη και σε ποταμούς και τον αέρα. Για παράδειγμα σε γραπτά κείμενα όπου περιγράφονται οι κυνηγητικές πρακτικές ιθαγενών του Αγίου Δομίνικου, η Φέρουσα Ικανότητα χρησιμοποιείται ως ένα μέτρο μέγιστης ποσότητας κυνηγιού που τα υποζύγια μπορούσαν να μεταφέρουν. Μια δεκαετία αργότερα, η περιοχή των πιθανών Υ επεκτάθηκε σε βαθμό που να περιλαμβάνει και άψυχα φυσικά φαινόμενα. Η επέκταση αυτή εμφανίζεται εκ των υστέρων να έχει μεταβεί στο δεύτερο κύριο τύπο Φέρουσας Ικανότητας μέσα από μια λεπτή αλλά σημαντική μετατόπιση, και συνέβη για πρώτη φορά σε συζητήσεις για την κτηνοτροφία. Η έννοια του «φέρων» μεταβλήθηκε από μια πιο κυριολεκτική έννοια σε μια πιο μεταφορική. Αυτό που στο παρελθόν ήταν ένα Υ – τα υποζύγια που μετέφεραν πράγματα – έγινε αντ' αυτού τα Χ «υποστηριζόμενα» από τη γη στην οποία ζούσαν.

1.4 Η ΦΕΡΟΥΣΑ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΣΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΒΟΣΚΟΤΟΠΩΝ

Μέχρι τα τέλη του 19^{ου} αιώνα, η Φέρουσα Ικανότητα είχε γίνει μέτρο της παραγωγικότητας βοσκοτόπων και υπήρχε η θεώρηση ότι για κάθε τμήμα βοσκοτόπου μπορούσε να υπάρχει μια δεδομένη προκαθορισμένη τιμή αυτής. Η Φέρουσα Ικανότητα στη διαχείριση βοσκοτόπων χρησιμοποιήθηκε ως εργαλείο καθορισμού ενός συστήματος αδειών βόσκησης και φορολόγησης της κτηνοτροφίας, με βάση τον αριθμό ζώων που ένας βοσκότοπος μπορούσε να υποστηρίξει. Το σύστημα αυτό εφαρμόστηκε για πρώτη φορά στην Αυστραλία κατά τη Βικτωριανή εποχή. Γρήγορα βέβαια αρκετοί ερευνητές, ειδικά σε πιο ξηρές περιοχές, διατύπωσαν τον προβληματισμό τους ως προς την εύρεση ενός

συγκεκριμένου αριθμού. Υπήρξε λοιπόν, διάκριση στην «αρχική» Φέρουσα Ικανότητα (πριν από την εκτεταμένη υπερβόσκηση) και στην «πραγματική» Φέρουσα Ικανότητα. Η πρώτη θεωρήθηκε σταθερή, ενώ η «πραγματική» αντανakλούσε τις σύγχρονες συνθήκες, και η οποία θα μπορούσε να αυξηθεί με τεχνητούς υδατικούς πόρους, πρόσθετες ζωοτροφές κ.ά. (Bentley 1898, Smith 1899). Οι ορισμοί της Φέρουσας Ικανότητας, την εποχή εκείνη, προσομοίωναν με τη σύγχρονη έννοια της «βιωσιμότητας» - χρήση η οποία δεν θα επέφερε μακροπρόθεσμη βλάβη – και η προσδοκία ήταν ότι η βόσκηση στο βαθμό της «πραγματικής» Φέρουσας Ικανότητας θα επέτρεπε τη φυσική αναγέννηση προς την «αρχική» Φέρουσα Ικανότητα. Όμως, ακόμη και η «πραγματική» Φέρουσα Ικανότητα κρίθηκε να είναι σχετικά σταθερή και θεσμοθετήθηκε σε μισθώσεις βόσκησης Χ αριθμού ζώων σε Υ εκτάρια γης. Έχει υποστηριχθεί πως το σύστημα αυτό έχει προέλθει από την εξελεγκτική θεωρία του Clements. Όμως ο Clements (1920) απέρριψε ρητά τις σταθερές, προκαθορισμένες τιμές φέρουσας ικανότητας και η θεωρία του φαίνεται να παρείχε μια εκ των υστέρων επιστημονική λογική για αποφάσεις που διαμορφώνουν οικονομικές και πολιτικές εκτιμήσεις. Με βάση στατικές, ιδανικές, ποσοτικές φέρουσες ικανότητες διαχωρίστηκαν και εκμισθώθηκαν βοσκοτοπικές εκτάσεις γεγονός που διευκόλυνε τη γραφειοκρατική διοίκηση κυβερνητικών οργανισμών και έδωσε σε τραπεζίτες και κτηνοτρόφους τον τρόπο κεφαλαιοποίησης δημόσιας γης (Sayre 2008).

1.5 Η ΦΕΡΟΥΣΑ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΣΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΓΡΙΑΣ ΠΑΝΙΔΑΣ

Λιγότερο γνωστός είναι ο τρόπος με τον οποίο η χρήση του όρου «Φέρουσα Ικανότητα» μεταφέρθηκε από την κτηνοτροφία και διαχείριση βοσκοτόπων στην διαχείριση θηραμάτων. Θεωρήθηκε ότι η Φέρουσα Ικανότητα ενώ ταυτόχρονα είναι προκαθορισμένη από τη Φύση, υπάρχει δυνατότητα να αυξηθεί με τη διαχείριση. Κατά τη διάρκεια των δεκαετιών 1920 και 1930, εφαρμόστηκε η έννοια της Φέρουσας Ικανότητας στην άγρια φύση με την ελπίδα να κατανοηθεί και να αυξηθεί ο αριθμός θηραματικών ειδών. Μέσα από την έρευνα του Aldo Leopold για την κατάρρευση του πληθυσμού των ελαφιών στο πλατώ Kaibab, αρχές του 20^{ου} αιώνα, η έννοια της Φέρουσας Ικανότητας αμφισβητήθηκε εκ νέου. Παρόλο που ο Leopold βασίστηκε στην έννοια αυτή, η τελική ερμηνεία του φαινομένου την

αμφισβήτησε. Το βασικό ερώτημα αποτέλεσε ποιο ήταν το επίκεντρο του μηχανισμού που καθορίζει τους πληθυσμούς των θηραμάτων. Είναι έμφυτο των ίδιων των οργανισμών ή αποτελεί συνάρτηση εξωτερικών παραγόντων όπως το κλίμα, η βλάστηση ή ο ανταγωνισμός; Η Φέρουσα Ικανότητα σύμφωνα με τον Leopold υποδηλώνει το τελευταίο:

Όταν επιτυγχάνεται η μέγιστη πυκνότητα ενήλικων ατόμων ενός είδους σε φυσικές συνθήκες, ακόμη και στο πιο ευνοϊκό περιβάλλον, τείνει να είναι ομοιόμορφη σε μια ευρύ περιοχή, αυτό το μέγιστο μπορεί να θεωρηθεί ως το σημείο κορεσμού του συγκεκριμένου είδους.

Αυτό είναι διαφορετικό από τη μέγιστη πυκνότητα που μια συγκεκριμένη αλλά όχι τόσο τέλεια περιοχή είναι ικανή να υποστηρίξει. Ενώ το τελευταίο είναι κυριολεκτικά ο κορεσμός για ένα συγκεκριμένο βιότοπο, είναι προφανές ότι θα είναι ένα μεταβαλλόμενο όριο για διαφορετικούς βιοτόπους, και προς αποφυγή σύγχυσης θα ήταν προτιμότερο να αποκαλείται Φέρουσα Ικανότητα.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι ενώ το σημείο κορεσμού φαίνεται να αποτελεί ιδιότητα του είδους, η Φέρουσα Ικανότητα αποτελεί ιδιότητα μονάδας βιοτόπου.

Κάθε βιότοπος έχει, φυσικά, ένα όριο στη Φέρουσα Ικανότητα. Όμως όλα τα είδη δεν παρουσιάζουν σημείο κορεσμού. Η ύπαρξη σημείου κορεσμού δεν έχει αποδειχθεί σίγουρα για όλα τα είδη, αλλά προσωπικά είμαι ικανοποιημένος που υπάρχει στα ορτύκια. (Leopold 1933).

Ο Leopold κατέγραψε διαφορετικές πληθυσμιακές δυναμικές για διαφορετικά είδη – κάποιες πιο σταθερές, άλλες πολύ πιο ευμετάβλητες – γεγονός που υποθέτει και διαφορετικές στρατηγικές διαχείρισης. Το σημείο κορεσμού – εάν κάτι τέτοιο υπήρχε – θα μπορούσε να εξυπηρετεί ως ένας στόχος πέραν του οποίου δεν θα ήταν ανάγκη να υπάρξουν επιπλέον παρεμβάσεις. Όμως εάν δεν υπήρχαν σημεία κορεσμού, τότε η κατανόηση των παραγόντων που καθορίζουν τη Φέρουσα Ικανότητα ήταν το κλειδί μιας αποτελεσματικής διαχείρισης. Οι παράγοντες αυτοί όχι μόνο ποίκιλαν στο χώρο και χρόνο αλλά επηρεάζονταν και από τους ίδιους τους πληθυσμούς. Η Φέρουσα Ικανότητα αποτέλεσε εργαλείο διαχείρισης θηραματικών

ειδών και το σύγγραμμα του Leopold συνέβαλε στη νέα τροπή της διαχείρισης της άγριας πανίδας. Πλέον οι διαχειριστές αντιμετώπιζαν την άγρια πανίδα ως σοδειά ή καλλιέργεια που μπορούσε να αυξηθεί ή να μειωθεί με προσεκτική παρατήρηση και διαχείριση των περιβαλλοντικών παραγόντων.

Η ιδέα του Leopold για τη Φέρουσα Ικανότητα διαμόρφωσε γενεές και γενεές διαχειριστών άγριας πανίδας οι οποίοι εργάζονταν για την παραγωγή πλεονάσματος θηραματικών ειδών σε ελεγχόμενες περιοχές. Επεμβάσεις και διαχείριση ενδιαιτημάτων και πληθυσμών ειδών – είτε με πλημμύρες ή πυρκαγιές, με έλεγχο στους θηρευτές, μετεγκατάσταση άγριων ζώων ή απελευθέρωση αιχμαλωτισμένων – αποτέλεσαν συνήθεις πρακτικές στις ΗΠΑ και παραμένουν ως και σήμερα. Η Φέρουσα Ικανότητα συντέλεσε τόσο σε επιτυχίες όσο και σε λάθη στον τομέα της διαχείρισης της άγριας ζωής. Μπορεί να επετεύχθη σταθεροποίηση ή και αύξηση αφθονίας και κατανομής κάποιων ειδών αλλά αυτό συχνά συνέβη σε βάρος θηρευτών, γηγενών ανταγωνιστικών ειδών, της γενετικής ποικιλότητας και των οικοσυστημικών λειτουργιών. Οι συνέπειες των διαχειριστικών αυτών πρακτικών αποτελούν πρόκληση ακόμη και σήμερα για τους επιστήμονες της Βιολογίας Διατήρησης (Botkin 1990).

Ο Leopold σχεδόν κατάφερε μια πλήρη αναθεώρηση της έννοιας της Φέρουσας Ικανότητας από ιδανική και στατική νόρμα σε έναν επαγωγικό και δυναμικό οδηγό. Όμως τόσο στη διαχείριση βοσκοτόπων όσο και της άγριας ζωής η Φέρουσα Ικανότητα έπρεπε να απαντήσει στο ερώτημα στο οποίο της απευθύνονταν και το οποίο ήταν πόσα ζώα ένας συγκεκριμένος βιότοπος μπορούσε να υποστηρίξει σε μια ορισμένη χρονική στιγμή. Αυτό ήταν το πρακτικό ζήτημα που αντιμετώπιζαν οι διαχειριστές οι οποίοι με τη χρήση του όρου υπονοούσαν ότι ένας τέτοιος αριθμός μπορούσε να καθοριστεί. Αλλά τι θα συνέβαινε αν ο αριθμός αυτός μεταβαλλόταν στο χρόνο (Edwards and Fowle 1955); Καθώς ο Leopold ασχολήθηκε με την άγρια πανίδα και όχι με τη κτηνοτροφία, αυτό του έδωσε την ελευθερία να αποδεχτεί τις ταλαντώσεις στους ζωικούς πληθυσμούς. Και αυτό μπορεί να εξηγεί το γεγονός ότι αυτός κατέληξε σε αυτή την ιδέα της Φέρουσας Ικανότητας όταν οι επιστήμονες της διαχείρισης βοσκοτόπων χρειάστηκαν τρεις με τέσσερις δεκαετίες για να την αναγνωρίσουν. Αλλά υπό την σύλληψη αυτή, ως μια δυνητικά απρόβλεπτη

λειτουργία αλληλεξάρτησης βιοτόπου – πληθυσμού, η Φέρουσα Ικανότητα μπορεί ενδεχομένως να καθοριστεί μόνο με τοπική ή εφήμερη σημασία.

Οι ειδικοί στον τομέα της διαχείρισης βοσκοτόπων δεν ενστερνίστηκαν την άποψη του Leopold για την Φέρουσα Ικανότητα και όταν αργότερα κατέληξαν στα ίδια συμπεράσματα, απλά απέρριψαν την έννοια. Οι περισσότερες κριτικές για αυτό τον τύπο της Φέρουσας Ικανότητας προέκυψαν μετά από τα πενιχρά αποτελέσματα αγροτικών αναπτυξιακών προγραμμάτων σε Αυστραλία και Αφρική (Westoby 1980, Behnke et al. 1993). Για παράδειγμα οι Bartels, Norton και Perrier (1993) υποστηρίζουν ότι η Φέρουσα Ικανότητα δεν μπορεί να καθοριστεί, πόσο μάλλον να υπολογιστεί και να εφαρμοστεί στις υποσαχάριες αγροτικές περιοχές.

1.6 Η ΦΕΡΟΥΣΑ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΥΠΟ ΤΟ ΠΡΙΣΜΑ ΤΟΥ ΟDUM

Οι δύο εναπομένουσες χρήσεις της Φέρουσας Ικανότητας προέκυψαν ταυτόχρονα μετά το Β΄ Παγκόσμιο Πόλεμο με κοινά αλληλεπικαλυπτόμενα σημεία προέλευσης αλλά απευθυνόμενες πλέον σε διαφορετικά ακροατήρια και με διαφορετικές εφαρμογές. Η μία διατήρησε ως αντικείμενο τη χλωρίδα και πανίδα αλλά μετατόπισε την επιστημολογική βάση της Φέρουσας Ικανότητας από επαγωγική και εφαρμόσιμη σε συμπερασματική και θεωρητική. Η άλλη απέκτησε το αντικείμενο από τη συνεχή αύξηση του ανθρώπινου πληθυσμού σε παγκόσμιο επίπεδο.

Όπως ήδη έχει αναφερθεί η αντίληψη του Leopold για την Φέρουσα Ικανότητα δεν οδήγησε στη δημιουργία θεωρητικής βάσης αλλά ούτε και σε πειραματική επιβεβαίωση. Ο Odum (1953) στο βιβλίο ορόσημο *Θεμελιώδεις Αρχές της Οικολογίας* απελευθερώνει τη Φέρουσα Ικανότητα από τις δυσκολίες αυτές καταρρίπτοντας τη διάκριση που ο Leopold θεωρούσε ως καθοριστική:

Οι πληθυσμοί αυξάνουν το μέγεθος με ένα σιγμοειδής μορφή τρόπο. Όταν εισάγονται ή εισέρχονται μερικά άτομα σε μια κενή περιοχή η πληθυσμιακή αύξηση είναι μικρή στην αρχή... μετά γίνεται πολύ γρήγορη αυξανόμενη εκθετικά... και τελικά επιβραδύνεται καθώς η περιβαλλοντική ανθεκτικότητα αυξάνεται... μέχρι που φτάνει σε ένα επίπεδο ισορροπίας στο οποίο το πληθυσμιακό μέγεθος κυμαίνεται περισσότερο ή λιγότερο ακανόνιστα ανάλογα με τη σταθερότητα ή τη

μεταβλητότητα του περιβάλλοντος. Το ανώτερο επίπεδο, πέραν του οποίου δεν προκύπτει σημαντική αύξηση (αν υποθεθεί ότι δεν σημειώνονται σημαντικές αλλαγές στο περιβάλλον) αντιπροσωπεύει το ανώτερο ασυμπτωτικό της καμπύλης σχήματος S και ορθώς καλείται Φέρουσα Ικανότητα ή σημείο κορεσμού. (Odum 1953).

Η σιγμοειδής καμπύλη αύξησης πληθυσμών δεν αποτελούσε καινούρια ιδέα. Το γεγονός όμως ότι ο Odum απέδωσε το ανώτερο ασυμπτωτικό της καμπύλης ως Φέρουσα Ικανότητα αυτό συνέβη για πρώτη φορά. Μέχρι τότε απλά αποκαλούνταν ως το ανώτερο όριο αύξησης. Μέσα από τις μελέτες του ο Odum θεώρησε ότι η σιγμοειδής καμπύλη αύξησης δυνητικά μπορούσε να παρατηρηθεί σε όλα τα είδη παρόλο που η επιβεβαίωσή της προέρχονταν σχεδόν αποκλειστικά από εργαστηριακά ευρήματα και λιγότερο από μετρήσεις πεδίου. Η ομοιότητα του μοτίβου της σιγμοειδής καμπύλης αύξησης επέτρεψε τη μοντελοποίηση της πληθυσμιακής αύξησης ως μια μαθηματική εξίσωση. Οι καμπύλες αυτές προσεγγίζουν την λογιστική καμπύλη, μια διαφορική εξίσωση που αρχικά ο Verhulst (1838) είχε προτείνει προκειμένου να μοντελοποιήσει την αύξηση του ανθρώπινου πληθυσμού. Στην εξίσωση το K υποδηλώνει «το μέγιστο δυνατό πληθυσμιακό μέγεθος» ή το «ανώτερο ασυμπτωτικό», το οποίο ο Odum επέλεξε να ορίσει ως Φέρουσα Ικανότητα. Παρά το γεγονός ότι το K δεν θα μπορούσε να παρατηρηθεί στο πεδίο, η μαθηματική του ύπαρξη επέτρεψε την ανάπτυξη μοντέλων που θα μπορούσαν να αναπτυχθούν και δοκιμαστούν για ένα ή πολλαπλά είδη.

Η Φέρουσα Ικανότητα, υπό το πρίσμα του Odum, έκανε εμφανές ότι οι ιδιότητες των προηγούμενων ορισμών αυτής θα μπορούσαν να εφαρμοστούν στη φύση. Η αύξηση ενός πληθυσμού στη φύση θα μπορούσε να υπολογιστεί εμμέσως με τη χρήση μοντέλων που βασίζονται σε εργαστηριακά ευρήματα και υπό ελεγχόμενο σχεδιασμό. Για παράδειγμα οι πληθυσμοί ελαφιών και λύκων στο Kaibab θα μπορούσαν να μοντελοποιηθούν ως πληθυσμοί που αλληλοεπιδρούν και η αύξηση και μείωση τους εμφανίζουν συγχρονισμό, παρουσιάζοντας μια δυναμική ισορροπία, δηλαδή ένα σταθερό σημείο στο οποίο οι πραγματικοί αριθμοί (πληθυσμών) μεταβάλλονται (Sayre 2008). Τα μοντέλα αυτά θα μπορούσαν να τροποποιηθούν ώστε να αντικατοπτρίζουν τις συνθήκες ενός συγκεκριμένου

περιβάλλοντος και για είδη ενδιαφέροντος. Τα αποτελέσματα θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν στη λήψη αποφάσεων διαχειριστικών μέτρων αλλά και στην προώθηση της έρευνας στο πεδίο της Πληθυσμιακής Βιολογίας. Η Φέρουσα ικανότητα αποτελούσε πλέον χαρακτηριστικό ενός δυναμικού συστήματος και είχε σχέση με την ισορροπία παρά με μια στατική κατάσταση. Παρόλα αυτά ήταν ωστόσο ιδανική, αριθμητική και θεωρητικά σταθερή. Ταυτόχρονα βέβαια ο Odum, προειδοποίησε να μην συγχέεται το μοντέλο του με την πραγματικότητα που αυτό προσπαθούσε να περιγράψει. Η απλή προσαρμογή της διαφορικής εξίσωσης του Verhulst δεν παρείχε επαρκείς βάσεις για την εξήγηση για τα παρατηρούμενα μοτίβα καθώς αυτά εξηγούνται ή προβλέπονται με μαθηματικούς τρόπους. Υπάρχουν πολλές μαθηματικές εξισώσεις που παράγουν σιγμοειδή καμπύλη. Θα πρέπει να υπάρχουν αποδείξεις ότι οι παράγοντες της εξίσωσης λειτουργούν για τον έλεγχο του πληθυσμού προτού γίνει προσπάθεια σύγκρισης των πραγματικών δεδομένων με μια θεωρητική καμπύλη (Odum 1953).

1.7 Η ΦΕΡΟΥΣΑ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΑΝΘΡΩΠΙΝΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

Όπως έχει ήδη προαναφερθεί, μπορεί ο Malthus να έθεσε τα θεμέλια για τη Φέρουσα Ικανότητα αλλά ουσιαστικά ως έννοια, εντοπιζόμενη σε γραπτά κείμενα, αναφέρεται για πρώτη φορά στο χώρο της ναυτιλίας. Λίγο αργότερα εντοπίζεται στον τομέα διαχείρισης βοσκοτόπων και άγριας πανίδας αλλά και στον τομέα της Δημογραφίας.

Στις μέρες μας η έντονη ανθρώπινη οικονομική δραστηριότητα, συχνά σε βάρος του φυσικού περιβάλλοντος με την απώλεια οικοσυστημικών αξιών έχει αναγάγει την έννοια της Φέρουσας Ικανότητας σε πολύτιμο εργαλείο στον περιβαλλοντικό και χωρικό σχεδιασμό. Στον σχεδιασμό αποκτά ολοένα και αυξανόμενη δυναμική και έχει αναχθεί σε Αρχή που συνδέεται με την Αειφορία. Προκειμένου να προσδιοριστεί απαιτείται η συνεκτίμηση κοινωνικών, οικονομικών και περιβαλλοντικών παραμέτρων και δεν εξαρτάται μόνο από μετρήσιμα ποσοτικά δεδομένα αλλά και από ποιοτικούς παράγοντες οι οποίοι συνδέονται με τις πολιτιστικές αξίες, τις παραδόσεις και τη φυσιογνωμία μιας περιοχής.

Από τη στιγμή που αναγνωρίστηκε το θέμα των ορίων της ανάπτυξης, οι αναπτυξιακές δυνατότητες μιας περιοχής συνδέθηκαν με τον περιβαλλοντικό, οικονομικό κοινωνικό και πολιτιστικό τομέα και ξεκίνησε η αναζήτηση τρόπου προσδιορισμού της Φέρουσας Ικανότητας λαμβάνοντας υπόψη τη δυναμική αλληλεξάρτηση των τομέων αυτών. Για την εκτίμηση της Φέρουσας Ικανότητας υιοθετούνται ποσοτικοί και ποιοτικοί δείκτες που προσομοιάζουν με τους δείκτες αειφορίας προσαρμοσμένους στην κλίμακα και ιδιαιτερότητα του αντικείμενου. Οι δείκτες που επιλέγονται είναι απαραίτητο να συνδέονται με τα κοινωνικοοικονομικά και περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά της περιοχής, το αντικείμενο και του στόχους της μελέτης και να είναι αξιόπιστοι ως προς τις πληροφορίες που παρέχουν. Η αλήθεια είναι ότι τόσο σε διεθνές όσο και σε ευρωπαϊκό επίπεδο δεν υπάρχει κοινό σύστημα δεικτών.

Η Φέρουσα Ικανότητα δεν θα πρέπει, όμως, να αποτελεί απλώς τρόπο προσέγγισης ενός αριθμού αλλά περισσότερο θα πρέπει να αποτελεί ένα οδηγό ανάπτυξης που προϋποθέτει προσεκτική εκτίμηση και επιλογή των επιμέρους παραμέτρων. Η τεκμηρίωση, ο προσδιορισμός και η έκφραση με έναν αριθμό δεν ακολουθεί κοινά κριτήρια, δεν αποτελεί μια επαναλαμβανόμενη κανονικότητα, αλλά κρίνεται σε σχέση με το χρόνο και την εκάστοτε κοινωνική και πολιτική πραγματικότητα. Η επιλογή κριτηρίων εξαρτάται από τις κοινωνικοοικονομικές συνθήκες που ισχύουν και θα πρέπει να υποστηρίζεται από ευρύτερες κοινωνικές δυνάμεις.

Ο αριθμητικός προσδιορισμός της Φέρουσας Ικανότητας αποτελεί συνάρτηση ποσοτικών και ποιοτικών παραγόντων και μέχρι και σήμερα αποδεικνύεται δυσχερής, τόσο ως προς τη μεθοδολογία όσο και ως προς την επιλογή μεγεθών. Συνέπεια αυτού είναι το γεγονός ότι έχουν προκύψει πολλές και διαφορετικές απόψεις προσέγγισης της Φέρουσας Ικανότητας. Υπάρχει η άποψη ότι η διαδικασία προσδιορισμού της Φέρουσας Ικανότητας δεν θα πρέπει να οδηγεί σε ένα και μοναδικό όριο, καθώς η εκτίμηση του ορίου λειτουργεί ως ανελαστικό εργαλείο. Πιθανά πιο ενδεδειγμένος να θεωρείται ο προσδιορισμός ενός ανώτερου και ενός κατώτερου ορίου, που και αυτό όμως μπορεί να μην αποδειχθεί επωφελές για όλες τις περιπτώσεις.

1.8 ΣΥΧΡΟΝΟΙ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΙΣΜΟΙ

Στα τέλη της δεκαετίας του 60 και αρχές της δεκαετίας του 70, ξεκίνησε η περιβαλλοντική ανησυχία ως αποτέλεσμα των διαρκών συζητήσεων σχετικά με τα επικείμενα όρια της Φέρουσας Ικανότητας της Γης, που οφείλονται στην πληθυσμιακή και οικονομική ανάπτυξη. Προσδιορίστηκε η αύξηση του πληθυσμού και της οικονομίας με εκθετικούς ρυθμούς, αλλά και ορισμένα από τα ανώτερα όριά τους, λόγω διαθεσιμότητας τροφής, καλλιεργήσιμης γης, μη ανανεώσιμων πόρων. Ταυτόχρονα αναγνωρίστηκαν άλλα άγνωστα ανώτερα όρια που προκαλούν μη αναστρέψιμες αλλαγές στο κλίμα ή διαταράσσουν σοβαρά ζωτικές φυσικές διαδικασίες. Αργότερα, η συζήτηση αυτή ανέδειξε και τις διατροφικές συνήθειες (διατάξεις) στις βιομηχανοποιημένες χώρες και την τεχνολογία τους ως επιπρόσθετες πιέσεις στη φέρουσα ικανότητα της Γης. Στις μέρες μας, δεν είναι πολλοί αυτοί που αμφισβητούν τη γρήγορη μείωση και επιδείνωση των περιβαλλοντικών πόρων, πχ. του πόσιμου νερού, των αλιευτικών αποθεμάτων, της βιοποικιλότητας, του εδάφους, των ορυκτών πόρων, κα., την υπερχρήση των οικολογικών δεξαμενών και το γεγονός ότι η υπερχρήση αυτή αλλοιώνει και καταστρέφει οικοσυστήματα και εν τέλει τις συνθήκες ζωής τόσο των ανθρώπων όσο και των άλλων ειδών (Brown 1998). Αναμφίβολα, η έννοια της Φέρουσας Ικανότητας έχει παίξει σημαντικό ρόλο στην προώθηση της δημόσιας και πολιτικής ανησυχίας και στην κατανόηση των επικείμενων και υπαρχόντων ορίων της οικονομικής δραστηριότητας. Οι προσπάθειες εφαρμογής της έννοιας της Φέρουσας Ικανότητας σε κοινωνικοοικονομικούς τομείς όπως ο τουρισμός και η διαχείριση φυσικών περιοχών και οικοσυστημάτων δε στέφθηκαν πάντα με απόλυτη επιτυχία, καθώς είτε τα αποτελέσματα ήταν αναξιόπιστα, είτε η έννοια της Φέρουσας Ικανότητας τροποποιήθηκε ολοκληρωτικά ώστε αυτή να καταστεί λειτουργική.

Η έννοια της κοινωνικής ή ανθρώπινης φέρουσας ικανότητας παρουσιάζει σημαντικές ατέλειες. Η εστίαση σε ένα μόνο περιοριστικό παράγοντα και στην ετερογένεια της μεταβλητής «πληθυσμός» παρακωλύει την εφαρμογή της Φέρουσας Ικανότητας στην Εφαρμοσμένη και Ανθρώπινη Οικολογία. Ο

υπολογισμός διαφορετικών φέρουσων ικανοτήτων για διαφορετικούς πόρους και είδη μπορεί να οδηγήσει σε αντικρουόμενους στόχους σχετικά με το ανώτερο όριο που θα τηρείται και ταυτόχρονα αυτό μπορεί να παρέχει πολύ μικρή πληροφορία σχετικά με την κατάσταση ενός οικοσυστήματος. Παράλληλα, το ζήτημα χρήσης δεικτών για την υπέρβαση της Φέρουσας Ικανότητας, που θα στερούνται αμφισβήτησης δεν έχει επιλυθεί. Συχνά δεν είναι απόλυτα ξεκάθαρο πότε η Φέρουσα Ικανότητα έχει υπερβληθεί. Για παράδειγμα, είναι πιθανά δύσκολο να αποφασιστεί σε ποιο βαθμό η ρύπανση του νερού υπερβαίνει τη Φέρουσα Ικανότητα. Θα αναρωτιόταν κανείς αν στο πόσιμο νερό που φιλτράρεται αποδεκτά αρκετές φορές η υποκρύπτουσα ρύπανση υπερβαίνει τη Φέρουσα Ικανότητα; Επίσης στον κοινωνικό τομέα, οι δείκτες για την υπέρβαση της Φέρουσας Ικανότητας είναι αρκετά ασαφείς. Για παράδειγμα η στασιμότητα του πληθυσμού μιας εκβιομηχανισμένης περιοχής σημαίνει ότι η εκβιομηχάνιση αποτελεί δείκτη υπέρβασης; Επιπροσθέτως, υπέρβαση Φέρουσας Ικανότητας μπορεί να οφείλεται σε πολλούς παράγοντες, όπως εισόδημα, ρύπανση, εκπαίδευση κá. Λαμβάνοντας υπόψη τη βιωσιμότητα ή τα περιβαλλοντικά πρότυπα, όπως για παράδειγμα το επίπεδο χημικής ρύπανσης, ως δείκτη Φέρουσας Ικανότητας εμπεριέχει κάποιες κατευθύνσεις, μέσω των οποίων συνήθως η σχέση μεταξύ της υπέρβασης αυτών των δεικτών και της Φέρουσας Ικανότητας επιστημονικά δεν έχει αποδειχθεί. Αυτό, βεβαίως, δεν θα πρέπει να σημαίνει ότι οι μετρήσεις και η έρευνα γενικότερα που θα μας βοηθήσει να παραμείνουμε στα όρια της Φέρουσας Ικανότητας θα πρέπει να σταματήσουν έως ότου παρασχεθεί επιστημονική απόδειξη. Διαφορετικές προσεγγίσεις, όπως η αρχή της πρόληψης και η αρχή της προφύλαξης, ορίζουν ότι μια δραστηριότητα προκαλεί απειλές περιβάλλον, θα πρέπει να λαμβάνονται προφυλακτικά μέτρα ακόμη και στην περίπτωση ελλιπούς επιστημονικής απόδειξης. Παράλληλα, όσοι επικεντρώνονται στην έρευνα της Φέρουσας Ικανότητας σε σχέση με την ανθρώπινη δραστηριότητα παραδέχονται την επίδραση του θεσμικού και πολιτιστικού περιβάλλοντος σε αυτή. Έτσι οι αποφάσεις σε σχέση με τη Φέρουσα Ικανότητα, που εμπεριέχει την αλληλεπίδραση με τις ανθρώπινες δραστηριότητες είναι κανονιστικές ή πολιτικές. Αυτό απαιτεί τα θεσμικά και πολιτισμικά περιβάλλοντα να έχουν επιλεγεί σκόπιμα ή υιοθετούνται πριν τον υπολογισμό της Φέρουσας Ικανότητας και την αποδοχή των περιβαλλοντικών

στόχων. Παρόλα αυτά μέχρι και σήμερα δεν έχει πραγματοποιηθεί επαρκής συζήτηση για το θεσμικό και πολιτισμικό πλαίσιο της Φέρουσας Ικανότητας. Η έλλειψη αυτή δύναται να εξηγεί το λόγο για τον οποίο ερευνητές υποχωρούν σε κανονιστικές έννοιες όπως η αειφορία και τα περιβαλλοντικά πρότυπα ως δείκτες για την επιθυμητή κατάσταση του περιβάλλοντος.

Σε μερικές περιπτώσεις, η έννοια της Φέρουσας Ικανότητας μπορεί να παρέχει λογικές εκτιμήσεις για το ανώτερο βιώσιμο επίπεδο ενός πληθυσμού για βραχυπρόθεσμα και μεσοπρόθεσμα χρονικά πλαίσια. Όμως θα πρέπει να είμαστε προσεκτικοί σε ότι αφορά τη μακροχρόνια πρόβλεψη.

Είδαμε λοιπόν, ότι σε ότι αφορά την έρευνα για την Φέρουσα Ικανότητα εγείρονται αρκετοί και σημαντικοί προβληματισμοί σχετικά με τον προσδιορισμό της και τον καθορισμό της. Ο πολυσχιδής χαρακτήρας αυτής καθώς και το πλήθος, συχνά αλληλοεπηρεαζόμενων παραμέτρων, οι οποίοι θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τη διαδικασία προσδιορισμού της, την καθιστούν έννοια δύσκολη. Επίσης όταν και όπου υπεισέρχεται ο παράγοντας άνθρωπος, ο προσδιορισμός της Φέρουσας Ικανότητας δυσχεραίνει ακόμη περισσότερο, καθώς το ανθρώπινο είδος μπορεί σε σύντομο χρονικό διάστημα να μεταβάλλει το περιβάλλον του, τις διατροφικές συνήθειες, τις καταναλωτικές του συνήθειες, την πολιτισμική του κουλτούρα κ.ά, οι οποίοι αποτελούν παράγοντες που επηρεάζουν τον καθορισμό της.

Το γεγονός των εγγενών δυσκολιών στον προσδιορισμό και καθορισμό της Φέρουσας Ικανότητας, όμως δεν θα πρέπει αποτελέσει εμπόδιο στη συνέχιση της έρευνας στο πεδίο αυτό.

2. ΥΔΑΤΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ

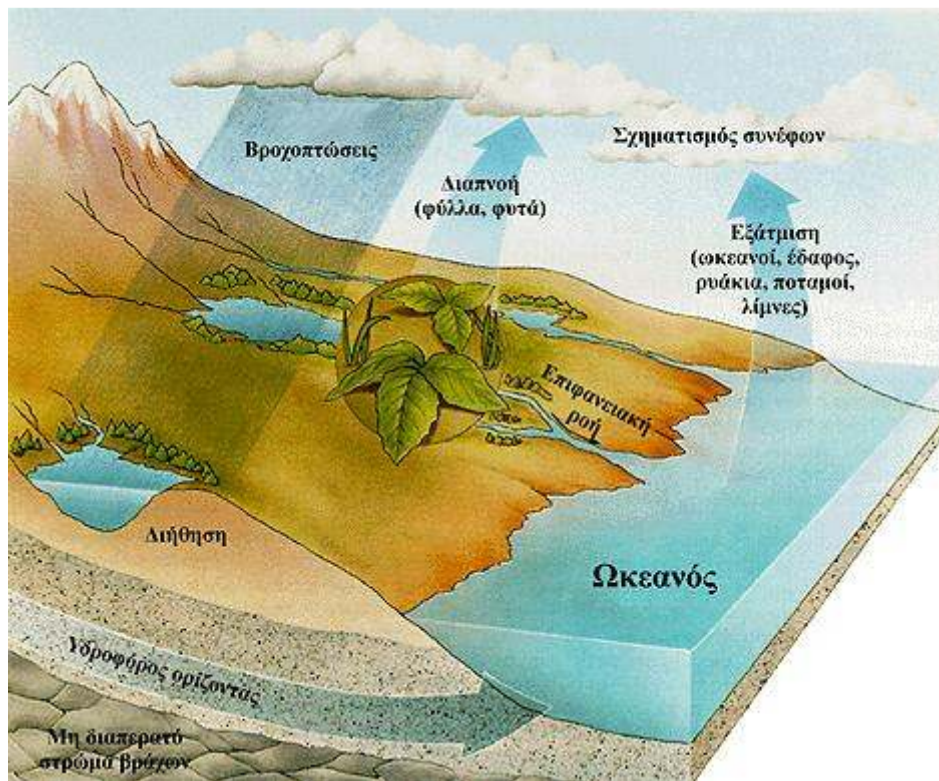
2.1 Η ΑΞΙΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Το νερό αποτελεί το φυσικό εκείνο πόρο που καθορίζει σε σημαντικό βαθμό τα όρια της βιώσιμης ανάπτυξης και συχνά είναι σπάνιος ή σε έλλειψη πόρος. Δεν έχει υποκατάστατο και αποτελεί το σημαντικότερο συστατικό για τη διατήρηση της ζωής και των διάφορων κοινωνικό – οικολογικών δραστηριοτήτων στον πλανήτη. Η αξία του νερού έχει αναγνωριστεί από την εποχή των πρώτων κοινωνιών. Η απουσία ή η αφθονία του συγκεκριμένου πόρου μπορούσε να υποδείξει την κατάλληλη περιοχή για μόνιμη ή προσωρινή εγκατάσταση. Μπορεί να ειπωθεί ότι οι πρώτες δραστηριότητες του ανθρώπου επηρεάστηκαν από τη δυνατότητα πρόσβασης και τη χρήση του νερού: προς πόση, μαγείρεμα, αλιεία, άρδευση, ναυτιλία και αργότερα παραγωγή ενέργειας (Perry 2013). Το 97,9% του νερού της γης είναι σε υγρή κατάσταση, ενώ το 97,25% του συνολικού νερού της γης είναι αλμυρό νερό. Από την τεράστια ποσότητα νερού που υπάρχει στη γη μόνο το 2,8% είναι χαμηλής περιεκτικότητας σε άλατα (γλυκό νερό) και από αυτό το μεγαλύτερο μέρος 77,25% ή 2,1% του συνολικού είναι σε στερεή κατάσταση (πάγοι και χιόνια). Αξίζει να σημειωθεί ότι από το 0,62% του νερού χαμηλής αλατότητας, το μισό περίπου βρίσκεται σε βάθος μεγαλύτερο από 800m και έτσι ουσιαστικά δεν είναι διαθέσιμο. Μόνο το 0,003% του παγκόσμιου όγκου του νερού διατίθεται εύκολα με τη μορφή της εδαφικής υγρασίας, εκμεταλλεύσιμου υπόγειου νερού, υδρατμών, λιμνών και ποταμών (Miller 2000). Από τα 200 εκατ. τετραγωνικά χιλιόμετρα που αντιπροσωπεύουν την έκταση της επιφάνειας της γης, τα 140 καλύπτονται από θαλασσινό νερό. Αυτό σημαίνει ότι το ποσοστό κάλυψης της επιφάνειας της γης από τα θαλάσσια ύδατα ανέρχεται στο 71%, ενώ το ποσοστό κάλυψης της επιφάνειας της γης από τα εσωτερικά γλυκά ύδατα, ανέρχεται μόνο στο 2%. Στο νότιο ημισφαίριο η αναλογία της υδάτινης επιφάνειας προς την επιφάνεια της στερεάς, είναι περίπου 4:1. Στο βόρειο ημισφαίριο η αναλογία αυτή είναι 1,5:1 (Παπουτσόγλου 1981). Το γεγονός όλων των παραπάνω, σε συνδυασμό με τη συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση νερού και την ταυτόχρονη ρύπανση, μόλυνση και γενικότερα υποβάθμιση των διαθέσιμων υδατικών αποθεμάτων, καθιστά το νερό ακόμη πιο πολύτιμο πόρο.

2.2 ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ – ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΙΣΟΣΥΓΓΙΟ

Με τον όρο υδρολογικός κύκλος νοείται η σταθερή και συνεχής κίνηση του νερού στην ατμόσφαιρα, στην επιφάνεια της γης και στο υπέδαφος.

Η σημασία του υδρολογικού κύκλου είναι βασική στην κατανόηση της εμφάνισης και κίνησης του νερού, καθώς και διαχείριση των υδάτινων πόρων. Ο υδρολογικός κύκλος είναι μια συνεχής διαδικασία που δεν παρουσιάζει αρχή και τέλος. Το νερό που εξατμίζεται από τους ωκεανούς σχηματίζει τα σύννεφα, τα οποία κάτω από κατάλληλες συνθήκες συμπυκνώνονται και σχηματίζουν τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα (βροχή, χιόνι, χαλάζι, δροσιά κλπ).



Εικόνα 2 Υδρολογικός κύκλος του νερού

Τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα (P), πέφτοντας στην επιφάνεια της γης ακολουθούν διαφορετικές διαδρομές. Το μεγαλύτερο μέρος τους πέφτει στους ωκεανούς και αποδίδεται πάλι στην ατμόσφαιρα με την εξάτμιση. Ένα πολύ μικρό ποσοστό εξατμίζεται και επιστρέφει στην ατμόσφαιρα, προτού καν φτάσει στην επιφάνεια της γης. Τέλος ένα τμήμα των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων πέφτει

στην ξηρά, όπου είτε εξατμίζεται αμέσως ερχόμενο σε επαφή με το έδαφος, την βλάστηση κ.ά., είτε:

Ένα μέρος απορρέει επιφανειακά, τροφοδοτώντας τα ρυάκια, τους χειμάρρους, τους παραπόταμους και τους ποταμούς και καταλήγει στις λίμνες ή τις θάλασσες, απ' όπου, με την εξάτμιση, επιστρέφει στην ατμόσφαιρα. Το νερό αυτό που διακινείται μέσω του υδρογραφικού δικτύου, αποτελεί την επιφανειακή απορροή (R).

Το άλλο μέρος κατεισδύει στη γη από τους πόρους ή τις ρωγμές και τα ρήγματα των διαφόρων πετρωμάτων και σχηματίζει το υπόγειο νερό. Το νερό αυτό μετά από μία μικρή ή μεγάλη, πορεία μέσα στο υπέδαφος, επανέρχεται στην επιφάνεια της γης μέσα από τις πηγές, τροφοδοτεί τους ποταμούς ή οδηγείται στη θάλασσα ή ακόμα με τη βοήθεια του ριζικού συστήματος των φυτών και του φαινομένου της διαπνοής, επανέρχεται στην ατμόσφαιρα. Το νερό που διαπερνά την επιφάνεια της γης και εισέρχεται σε αυτή, αποτελεί την κατείδυση (I).

Τέλος, μια σημαντική ποσότητα νερού επιστρέφει στην ατμόσφαιρα είτε με την εξάτμιση του νερού των λιμνών, των ποταμών και των στρωμάτων που είναι πολύ κοντά στην επιφάνεια της γης, είτε με το φαινόμενο της διαπνοής των φυτών. Το σύνολο των μερικών αυτών περιπτώσεων ονομάζεται εξατμισιδιαπνοή (E).

Μετά τα παραπάνω γίνεται φανερό ότι ο υδρολογικός κύκλος ή κύκλος του νερού μπορεί να εκφραστεί με την παρακάτω μαθηματική εξίσωση, που είναι γνωστή και σαν τύπος του υδρολογικού ισοζυγίου.

$$P=E+R+I$$

Όπου:

P = ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα

E = εξατμισιδιαπνοή

R = επιφανειακή απορροή

I = κατείδυση

Τα δεύτερα μέλη της παραπάνω εξίσωσης, είναι γνωστά και σαν φάσεις του υδρολογικού ισοζυγίου και εκφράζονται σε χιλιοστά (mm), σε μονάδες όγκου (π.χ.

m3) είτε σε (%) ποσοστά επί των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων (Καρύμπαλης, 2012).

Το νερό απαντάται στον πλανήτη μας σε στερεή μορφή (πάγος), σε υγρή και σε αέρια μορφή (υδρατμοί). Η θάλασσα, τα ποτάμια, οι λίμνες, η ατμόσφαιρα και το έδαφος διαρκώς βρίσκονται σε μια δυναμική κατάσταση μεταφοράς ποσοτήτων νερού. Η μεταφορά αυτή επιτυγχάνεται αρχικά με τους μηχανισμούς της εξάτμισης και της εξατμισοδιαπνοής όπου με τη βοήθεια της ηλιακής ακτινοβολίας το νερό της θάλασσας και των ηπείρων (λίμνες, ποτάμια, έδαφος) εξατμίζεται. Στη συνέχεια οι υδρατμοί συμπυκνώνονται, σχηματίζουν σύννεφα τα οποία δίνουν βροχή, χιόνι, χαλάζι (κατακρημνίσματα), τα οποία η γη συλλέγει. Ακολουθεί η επιφανειακή απορροή, η διείσδυση στο έδαφος και η υπόγεια ροή του νερού (Τσώνης, 2003).

Το νερό καθώς πέφτει με μορφή βροχής διαμέσου της ατμόσφαιρας, διαλυτοποιεί οξυγόνο, άζωτο, διοξείδιο του άνθρακα και άλλα αέρια. Επίσης, έρχεται σε επαφή με διάφορους σωματιδιακούς και αέριους ρύπους που βρίσκονται στην ατμόσφαιρα. Όταν το νερό πέφτει στο έδαφος συμπαρασύρει αιωρούμενο υλικό, μικροοργανισμούς και μια μεγάλη ποικιλία οργανικών και ανόργανων ουσιών. Τα επιφανειακά νερά που ρέουν στα ποτάμια έχουν συνήθως μεγαλύτερες συγκεντρώσεις αιωρούμενου υλικού από τα επιφανειακά νερά που αντιστοιχούν σε λίμνες. Το υπόγειο νερό περιέχει διάφορα συστατικά τα οποία διαλυτοποιήθηκαν κατά τη δίοδό τους διαμέσου των εδαφικών στρωμάτων. Οι ποσότητες και τα είδη των συστατικών που περιέχονται στο υπόγειο νερό εξαρτώνται από την ορυκτολογική και χημική σύσταση των στρωμάτων αυτών (Τσώνης 2003).

Στην περίπτωση που το νερό διεισδύει στο έδαφος, εξασφαλίζεται η συγκράτηση και η αποθήκευση του νερού στο έδαφος. Σημαντικό ρόλο σ' αυτό παίζει η βλάστηση και η οργανική ύλη του χώματος. Στην περίπτωση που το νερό ακολουθήσει το δρόμο της εξατμισοδιαπνοής, επιστρέφει γρήγορα στην ατμόσφαιρα είτε με την κατευθείαν εξάτμιση είτε μέσω της διαπνοής των φυτών. Τα φυτά επιταχύνουν πολύ αυτή τη διεργασία γιατί απορροφούν σημαντικές ποσότητες νερού με τις ρίζες τους και τις αποβάλλουν με τα φύλλα τους στην ατμόσφαιρα. Η περίπτωση της επιφανειακής απορροής του νερού ευνοείται

ιδιαίτερα από την καταστροφή της φυσικής βλάστησης και αποτελεί τον κυριότερο παράγοντα διάβρωσης των εδαφών.

Τελικά, ένα μεγάλο μέρος των υδάτων της στεριάς καταλήγει στη θάλασσα με επιφανειακή ή υπόγεια ροή. Η εξάτμιση από την επιφάνεια του παγκόσμιου ωκεανού αποτελεί τη σπουδαιότερη οδό επιστροφής του νερού στην ατμόσφαιρα (Χριστούλας 1990).

2.3 ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ

Ως λεκάνη απορροής (ή υδρολογική λεκάνη) ενός ποταμού, καλείται το τμήμα εκείνο της επιφάνειας του εδάφους πάνω στο οποίο τα νερά που ρέουν επιφανειακά φέρονται με το υδρογραφικό σύστημα στην κοίτη του ποταμού, ο οποίος τα οδηγεί στη θάλασσα κατ' ευθείαν ή δια μέσου άλλου μεγαλύτερου ποταμού, του οποίου είναι παραπόταμος (Σούλιος 1996).

Τα στοιχεία μιας λεκάνης απορροής που παίζουν ρόλο στον καθορισμό του υδρολογικού ισοζυγίου εκτός από τα κλιματικά (βροχοπτώσεις, θερμοκρασίες) είναι:

- Η φύση των πετρωμάτων που καλύπτουν τη λεκάνη και οι σχέσεις μεταξύ τους. Λέγοντας φύση των πετρωμάτων, τα εξετάζουμε κυρίως από πλευράς περατότητας και θέσεως που έχουν στη λεκάνη. Αν π.χ. υπάρχει ένας αδιαπέραστος σχηματισμός στα όρια της λεκάνης, τότε το νερό που πέφτει σ' αυτόν απορρέει επιφανειακά και δεν κατεισδύει, αν κατερχόμενο συναντήσει ένα υδροπερατό σχηματισμό μπορεί να τον εμπλουτίσει, εκτός από το νερό που δέχεται κατευθείαν από τις βροχοπτώσεις όπως πχ. μια λεκάνη που αποτελείται από ασβεστόλιθο και φλύσχη.
- Η μορφολογία της λεκάνης και του υδρογραφικού δικτύου.

2.4 ΥΔΑΤΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ ΣΕ ΝΗΣΙΩΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ

Οι υδατικοί πόροι δεν αποτελούν μόνο τους βασικούς πόρους κοινωνικής και οικονομικής ανάπτυξης, αλλά και βασικό στοιχείο στην υποστήριξη και διατήρηση του οικολογικού περιβάλλοντος. Η σημασία τους είναι ακόμη πιο έντονη και σημαντική στην πραγματοποίηση της βιώσιμης ανάπτυξης ειδικά σε περιοχές με έλλειψη νερού, όπως οι νησιωτικές περιοχές. Οι υδατικοί πόροι δύναται να αποτελούν σημαντικό παράγοντα περιορισμού της συνολικής κλίμακας ανάπτυξης μιας νησιωτικής περιοχής.

Σε αρκετά νησιωτικές περιοχές παρουσιάζονται προβλήματα έλλειψης νερού ή υποβάθμισης της ποιότητας, κύρια στα μικρότερα σε έκταση νησιά, αλλά και εξάπλωση του προβλήματος και στα μεγαλύτερα. Το γεγονός αυτό οφείλεται κυρίως σε δυσμενείς υδρολογικούς και υδρογεωλογικούς παράγοντες (Υπουργείο Περιβάλλοντος, 2015), οι κυριότεροι των οποίων είναι:

- Το μικρό μέγεθος, των περισσότερων νησιών που δεν επιτρέπει εκτεταμένων υπόγειων και επιφανειακών λεκανών.
- Το έντονο του ανάγλυφου, με αποτέλεσμα τη ταχεία κίνηση των επιφανειακών νερών προς τη θάλασσα.
- Η μέση ετήσια βροχόπτωση είναι αρκετά χαμηλή έτσι ώστε η επιφανειακή απορροή και η κατείσδυση να είναι μικρές γεγονός που ενισχύεται από την υψηλή μέση ετήσια θερμοκρασία και ηλιοφάνεια.
- Σε αρκετά νησιά όπου υπάρχουν ασβεστολιθικοί σχηματισμοί, οι υδροφόροι που αναπτύσσονται λόγω της μικρής απόστασης από τη θάλασσα έχουν υφάλμυρο νερό. Επίσης υπάρχουν αρκετά νησιά που τα πετρώματα είναι αδιαπέραστα (σχιστόλιθοι, γνεύσιοι), με αποτέλεσμα τη μη δημιουργία αξιόλογων υδοφορέων.

Τα τελευταία χρόνια στα νησιά, το πρόβλημα έλλειψης νερού έχει επιδεινωθεί ακόμη περισσότερο λόγω:

- Του ιδιαίτερου χαμηλού ποσοστού βροχοπτώσεων

- Της αυξανόμενης τουριστικής κίνησης, με αποτέλεσμα την υψηλή ζήτηση τους θερινούς μήνες
- Της αλλαγής των οικονομιών των νησιών από αγροτικές/κτηνοτροφικές σε παροχή υπηρεσιών (ξενοδοχεία, κτλ.)
- Της δυσανάλογα αυξανόμενης ζήτησης, σε σχέση με την αύξηση του πληθυσμού αλλά και του τουρισμού
- Των απωλειών μέσω των δικτύων ύδρευσης (πάνω από 30%)
- Της αύξησης των αναγκών σε αρδευτικό νερό, λόγω της αύξησης των αρδευόμενων εκτάσεων με την κατασκευή αρδευτικών δικτύων και της αντικατάστασης των ξηρικών καλλιεργειών με καλλιέργειες που απαιτούν άρδευση.
- Της εγκατάλειψης παραδοσιακών τρόπων συλλογής βρόχινου νερού (ομβροδεξαμενές)
- Της υπερεκμετάλλευσης των υπόγειων νερών, που καλύπτουν και το συντριπτικά μεγαλύτερο μέρος των απαιτήσεων, με αποτέλεσμα τη δημιουργία υδραυλικών συνθηκών που ευνοούν την υφαλμύριση και την εισροή ρυπασμένων νερών στους υδροφορείς
- Της απουσίας πολιτικής πρόβλεψης των επιπτώσεων από την αυξανόμενη ζήτηση νερού
- Της απουσίας ολοκληρωμένου σχεδιασμού ανά περιφέρεια που οφείλεται στην ελλιπή υλοποίηση των νομοθεσιών
- Του έντονου κατακερματισμού των προσπαθειών και τελικά στο μεγάλο κόστος των απαιτούμενων συνολικά παρεμβάσεων

Το ήδη σημαντικό πρόβλημα λειψυδρίας αναμένεται να οξυνθεί περαιτέρω εξαιτίας της αναμενόμενης κλιματικής αλλαγής στην περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου. Με βάση στοιχεία – εκτιμήσεις Διεθνών Οργανισμών για τις νησιωτικές και παράκτιες περιοχές της Ανατολικής Μεσογείου για το χρονικό ορίζοντα του 2050 αναμένεται μείωση της ετήσιας βροχόπτωσης κατά 10 – 15% με άνοδο της θερμοκρασίας κατά 1.5⁰ C.

2.5 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ

Η διαχείριση των υδατικών πόρων μπορεί να οριστεί ως η εφαρμογή μέτρων για την κάλυψη – τόσο σε ποιότητα όσο και ποσότητα – των αναγκών του παρόντος σε νερό, λαμβάνοντας υπόψη τις μελλοντικές γενεές και την προστασία του περιβάλλοντος. Στη διαδικασία αυτή της διαχείρισης συνεκτιμώνται η φυσική και η κοινωνικοοικονομική διάσταση των υδατικών πόρων και εμπεριέχεται η μεθοδολογία εναρμόνισης των αντιθέσεων που εμφανίζονται στην πράξη κατά τη συνεκτίμηση αυτή. Η διαχείριση των υδατικών πόρων έγκειται δηλαδή στη συστηματική παρακολούθηση και πρόβλεψη της διαθεσιμότητας των υδατικών πόρων μιας περιοχής, την κάλυψη των αναγκών της σε νερό και τη λήψη μέτρων για την οικονομικότερη χρήση του νερού τώρα και στο μέλλον. Βασικές λειτουργίες της διαχείρισης των υδατικών πόρων είναι η στρατηγική διαχείριση, ο σχεδιασμός, η κατασκευή έργων και η λειτουργική διαχείριση (Κοντοπίδης 2003).

Η διαχείριση του νερού έχει αναδειχθεί σε θέμα πρώτης προτεραιότητας για τον 21ο αιώνα. Το νερό αποτελεί βασικό στοιχείο στη ζωή του ανθρώπου, κύριο πόρο ανάπτυξης για πολλές οικονομικές δραστηριότητες, ενώ έχει και πρωταρχικό ρόλο στη φύση και τα φυσικά οικοσυστήματα. Οι αυξανόμενες ανάγκες και οι πολλαπλές απαιτήσεις για τη χρήση του νερού, σε συνδυασμό με τη μείωση των διαθέσιμων, αλλά και η υποβάθμιση των υδατικών πόρων από αλόγιστη χρήση και ρύπανση από τις αρνητικές επιπτώσεις των ανθρώπινων δραστηριοτήτων, επιβάλλουν την ανάγκη για ορθολογική χρήση του νερού από τον άνθρωπο. Η ανάγκη αυτή γίνεται επιτακτική στο πλαίσιο μιας γενικότερης επιδίωξης για μια βιώσιμης ανάπτυξης που θα συνδυάζει την ταυτόχρονη επίτευξη των στόχων της οικονομικής ανάπτυξης, της κοινωνικής δικαιοσύνης και της προστασίας του περιβάλλοντος για το παρόν και το μέλλον. Στα μεσογειακά περιβάλλοντα, η ανομοιογενής κατανομή των επιφανειακών απορροών, τόσο χωρικά όσο και χρονικά, απαιτεί την κατασκευή δαπανηρών εγκαταστάσεων αποθήκευσης ύδατος και επεξεργασίας απόβλητου ύδατος. Στις περισσότερες μεσογειακές χώρες, το κύριο πρόβλημα μπορεί να μην είναι η έλλειψη ύδατος από την άποψη μέσου κατά κεφαλήν, αλλά του υψηλού κόστους του διαθέσιμου νερού στη σωστή θέση, στον κατάλληλο χρόνο και στην απαραίτητη ποιότητα. Σ' αυτές τις χώρες, περισσότερο απ' οπουδήποτε αλλού,

απαιτείται μια ολοκληρωμένη προσέγγιση για τη διαχείριση των υδατικών πόρων συμπεριλαμβανομένης της αποκατάστασης και επαναχρησιμοποίησης του απόβλητου ύδατος, οι οποίες αναμένεται να αυξηθούν αισθητά στη λεκάνη της Μεσογείου κατά τη διάρκεια της επόμενης δεκαετίας και να γίνουν μια σημαντική πτυχή της ολοκληρωμένης διαχείρισης των υδατικών πόρων. Οι κανονισμοί που πρέπει να πληρούνται όσον αφορά την αποκατάσταση και επαναχρησιμοποίηση του απόβλητου ύδατος, είναι ουσιαστικοί και συμβάλλουν στην προστασία της δημόσιας υγείας, στην αύξηση της διαθεσιμότητας των υδατικών πόρων, στην αποτροπή της παράκτιας ρύπανσης και στην ενίσχυση των υδατικών πόρων και των πολιτικών διατήρησης του φυσικού περιβάλλοντος (Angelakis 1999).

Η ορθολογική διαχείριση των υδατικών πόρων στον ελλαδικό χώρο απαιτείται για τη διασφάλιση του ανεκτίμητου αυτού φυσικού πόρου και μελλοντικά. Παρά το γεγονός ότι η Ελλάδα συγκαταλέγεται ανάμεσα στις πλούσιες σε νερό χώρες της Μεσογείου, με μέση ετήσια βροχόπτωση 800 mm. Ωστόσο, η αστική χρήση του νερού, παρά τη σπατάλη που γίνεται, απορροφά το 11% του διαθέσιμου ύδατος, συμπεριλαμβανομένου και του τουριστικού τομέα και η βιομηχανία το 3%. Η γεωργία παραμένει ο μεγαλύτερος καταναλωτής νερού στην Ελλάδα καθώς χρησιμοποιεί το 86% του διαθέσιμου ύδατος την ίδια στιγμή που ο παγκόσμιος μέσος όρος είναι 70%. Το συντριπτικό ποσοστό του νερού – το 96% – που χρησιμοποιείται στη γεωργία πηγαίνει για άρδευση, όπου οι απώλειες είναι τεράστιες (Μυλόπουλος 2000). Ειδικότερα στις νησιωτικές περιοχές όπου τα προβλήματα έλλειψης νερού εμφανίζονται πιο έντονα και ολοένα αυξανόμενα σε σχέση με τον υπόλοιπο ελλαδικό χώρο απαιτούνται άμεσα μέτρα ορθολογικής διαχείρισης των υδατικών πόρων, προκειμένου να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα.

2.6 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΣΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ

Προκειμένου να υλοποιηθεί μια εφαρμογή με στόχο τη διαχείριση των υδατικών πόρων κρίνεται απαραίτητη για την αντιμετώπιση προβλημάτων που μπορούν να συνοψιστούν στα ακόλουθα :

- Συγκρουόμενα συμφέροντα ως προς τη χρήση του νερού
- Μείωση του υδατικού δυναμικού τα τελευταία 20 χρόνια λόγω μιας φθίνουσας πορείας των κατακρημνισμάτων αλλά και της αύξησης των κοινωνικοοικονομικών δραστηριοτήτων.
- Έλλειψη σε πολλές περιοχές συγχρόνων συλλογικών αρδευτικών δικτύων και ανεξέλεγκτα μεγάλη σπατάλη νερού για αρδεύσεις μέσω ιδιωτικών γεωτρήσεων.
- Δυσμενείς επιπτώσεις για το περιβάλλον λόγω της συνεχούς αύξησης της ρύπανσης των επιφανειακών και υπογείων νερών από τα λύματα και απόβλητα των οικισμών, των βιομηχανικών καθώς και από τη χρήση λιπασμάτων και ζιζανιοκτόνων στην γεωργική παραγωγή.
- Υπερβολική μείωση της παροχής ορισμένων πηγών λόγω των εντατικών αντλήσεων ή περιοδική στέρευση που συνεπάγονται κίνδυνο για τους βιότοπους της περιοχής.
- Κίνδυνος τοπικής ή γενικευμένης εξάντλησης των αποθεμάτων υπογείου νερού με ενδεχόμενο την υποβάθμιση της ποιότητάς τους (λόγω διεύδυσης της θάλασσας και υφαλμύρινσής τους), λόγω των εντατικών αντλήσεων από τις γεωτρήσεις, ιδίως σε συνθήκες παρατεταμένης ανομβρίας.
- Έλλειψη ενιαίας διαχείρισης της ποσότητας και ποιότητας των νερών και ως εκ τούτου ανισομερής εκμετάλλευση των Υδατικών Πόρων και σύγκρουση συμφερόντων μεταξύ των διαφόρων χρηστών.

Οι εργασίες που απαιτούνται για την επίτευξη του στόχου του έργου αυτού είναι οι εξής :

- Προσδιορισμός του υδατικού ισοζυγίου της περιοχής ύστερα από συλλογή, επεξεργασία, συμπλήρωση και ανάλυση της υδρολογικής και υδρογεωλογικής πληροφορίας.
- Καταγραφή των σημερινών και μελλοντικών αναγκών σε νερό στα υδατικά διαμερίσματα της περιοχής του έργου (ύδρευση, άρδευση, βιομηχανία, περιβάλλον, αναψυχή, κτλ), ύστερα από προβλέψεις για τη

μελλοντική πληθυσμιακή και οικονομική ανάπτυξή τους και τις μελλοντικές ανάγκες για ύδρευση.

- Καταγραφή της σημερινή κατάσταση του περιβάλλοντος (οικοσυστήματα της περιοχής, πηγές ρύπανσης των επιφανειακών και υπόγειων νερών, κτλ) και καθορισμός των περιβαλλοντικών περιορισμών για τη διατήρηση και διαχείριση των οικοσυστημάτων.
- Η κατάρτιση και η προσαρμογή ενός διαχειριστικού μοντέλου με τη βοήθεια του οποίου θα γίνει, ύστερα από εισαγωγή των αποτελεσμάτων των (α), (β) και (γ) η Διαχείριση της ποσότητας και ποιότητας των Υδατικών Πόρων και ο γενικός σχεδιασμός και χρονικός προγραμματισμός των έργων (Μυλόπουλος 2000).

2.7 ΦΕΡΟΥΣΑ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ

Όπως ήδη περιγράφηκε στο κεφάλαιο της ιστορικής αναδρομής για τη Φέρουσα Ικανότητα, η έννοια της Φέρουσας Ικανότητας έχει τις ρίζες της στις επιστήμες της Βιολογίας, της Εφαρμοσμένης Οικολογίας και της Δημογραφίας.

Στο πεδίο των Υδατικών Πόρων η έννοια της Φέρουσας Ικανότητας αποτελεί μια νέα, σχετικά, σύλληψη με αποτέλεσμα να μην έχει ακόμη οριστεί και περιγραφεί με ξεκάθαρο τρόπο. Κάποιοι ερευνητές θεωρούν ως Φέρουσα Ικανότητα Υδατικών Πόρων, την ικανότητα των υδατικών πόρων να υποστηρίζουν μια κοινωνία σε ένα καθορισμένο καλό επίπεδο ζωής, ενώ άλλοι τη θεωρούν ως το κατώτερο όριο των υδατικών πόρων, στο οποίο το περιβάλλον είναι ικανό να υποστηρίξει ανθρώπινες δραστηριότητες (Seidl and Tisdell 1999, Li et al. 2010). Σε διεθνές επίπεδο δεν έχει επιτευχθεί σημαντική καινοτομία στην έρευνα για τη Φέρουσα Ικανότητα Υδατικών Πόρων με αυτή να λαμβάνεται υπόψη εν συντομία στη θεωρία για τη βιώσιμη ανάπτυξη. Στην ακαδημαϊκή κοινότητα έχουν χρησιμοποιηθεί όροι όπως βιώσιμη χρήση νερού, οικολογικά όρια υδατικών πόρων ή όρια του φυσικού συστήματος

των υδατικών πόρων, προκειμένου να εκφραστεί το νόημα της Φέρουσας Ικανότητας Υδατικών Πόρων (Hunter 1998, Falkenmark and Lundqvist 1998).

Στην παρούσα εργασία, ο ορισμός της Φέρουσας Ικανότητας Υδατικών Πόρων που επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθεί είναι αυτός των Dou et al. (2010), σύμφωνα με τον οποίο:

Φέρουσα Ικανότητα Υδατικών Πόρων είναι η μέγιστη κοινωνικοοικονομική κλίμακα η οποία βασίζεται στους διαθέσιμους υδατικούς πόρους και στη διατήρηση καλών, καθορισμένων περιβαλλοντικών συνθηκών.

Σύμφωνα με τον ορισμό αυτό η κοινωνικοοικονομική κλίμακα είναι το ολικό μέγεθος ενός περιφερειακού συστήματος, για μια συγκεκριμένη περίοδο, και μπορεί να αναπαρασταθεί από μια σειρά κοινωνικοοικονομικών δεικτών, όπως ο συνολικός πληθυσμός, αναλογία αστικοποίησης, βιομηχανική δομή και φυτική/γεωργική παραγωγή. Με την έννοια καλές περιβαλλοντικές συνθήκες νοείται κατάλληλο περιβάλλον για το κοινωνικό σύνολο και το οικολογικό σύστημα. Ειδικότερα δε καλή ποιότητα νερού και υγιές υδατικό περιβάλλον (Dou et al. 2015). Η Φέρουσα Ικανότητα Υδατικών Πόρων αποτελεί δείκτη περιφερειακής βιωσιμότητας. Η επίτευξη περιφερειακής βιωσιμότητας είναι σημαντική καθώς κοινωνικοί θεσμοί και οικολογική λειτουργία είναι στενά συνδεδεμένα σ' αυτή την κλίμακα (Greymore et al. 2009).

Για το λόγο αυτό η έρευνα για τη Φέρουσα Ικανότητα Υδατικών Πόρων θα πρέπει να βασίζεται σε δύο προϋποθέσεις:

1. Θα πρέπει να είναι δυνατό να διατηρηθεί η συνήθης λειτουργία του περιφερειακού κοινωνικοοικονομικού συστήματος και ως αποτέλεσμα θα πρέπει να υπολογίζεται την ποσότητα υδατικών πόρων που απαιτείται για τη διατήρηση των λειτουργιών κοινωνικών υπηρεσιών.
2. Είναι απαραίτητο να εκτιμηθεί η μέγιστη κοινωνικοοικονομική κλίμακα, την οποία οι υδατικοί πόροι, μπορούν να διατηρήσουν μετά την ικανοποίηση των αναγκών του οικοσυστήματος (Dou et al. 2015).

Στην πράξη, η Φέρουσα Ικανότητα, συχνά εκτιμάται με σύγκριση της πίεσης στο περιβάλλον (πχ. ζήτηση φυσικών πόρων) έναντι περιβαλλοντικών κατώτερων ορίων (πχ. διαθέσιμοι φυσικοί πόροι) (Clarke 2002, Oh et al. 2005).

Στο σύνολό τους, οι τρέχουσες μελέτες στη Φέρουσα Ικανότητα Υδατικών Πόρων υπογραμμίζουν την εναρμόνιση των απαιτήσεων της κοινωνικοοικονομικής ανάπτυξης με την παροχή υδατικών πόρων. Περιφερειακά κοινωνικοοικονομικά συστήματα και συστήματα υδατικών πόρων απεικονίζονται χρησιμοποιώντας λεκάνες απορροής, γεγονός που επιτρέπει στους ερευνητές να ανακαλύπτουν τις δομές των συστημάτων, τις λειτουργίες και διαδικασίες και να καθορίσουν τη Φέρουσα Ικανότητα Υδατικών Πόρων. Πολύ συχνά στη διαδικασία σχεδιασμού δεν λαμβάνονται υπόψη περιορισμοί που επιβάλλονται από τη διαθεσιμότητα υδατικών πόρων ή άλλων φυσικών πόρων γεγονός που εξηγεί γιατί περιοχές που δέχθηκαν οικονομική και κοινωνική ανάπτυξη αντιμετωπίζουν σοβαρές ελλείψεις νερού και άλλα περιβαλλοντικά ζητήματα. Είναι απαραίτητο, λοιπόν, να αναπτύσσονται κατάλληλες μεθοδολογίες για την αποτελεσματική περιγραφή της υδρο – οικονομικής εξάρτησης περιοχών με στόχο να επιλέγονται οι καλύτερες στρατηγικές μείωσης συγκρούσεων μεταξύ κοινωνικοοικονομικής ανάπτυξης και εκμετάλλευσης υδατικών πόρων.

2.8 Η ΕΡΕΥΝΑ ΓΙΑ ΤΗ ΦΕΡΟΥΣΑ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ

Σε ότι αφορά την έρευνα για τη Φέρουσα Ικανότητα Υδατικών Πόρων αυτή περιλαμβάνει πολλούς τομείς συμπεριλαμβανομένου των επιστημών υδρολογίας, οικολογίας, περιβάλλοντος, οικονομικών, κοινωνιολογίας και διαχείρισης (Zhang et al. 2010). Δύναται να χρησιμοποιηθούν πολλοί μέθοδοι υπολογισμού της Φέρουσας Ικανότητας Υδατικών Πόρων. Οι πιο συνήθεις είναι η Ανάλυση Τάσης (Liu 2011), τη Μέθοδο Ασαφούς Συνολικής Αξιολόγησης (fussy comprehensive evaluation method) (Pratto 2009), η Μέθοδος Πολλαπλών Στόχων, Αποφάσεων και Ανάλυση (multi – objective, decision – making and analysis), το Σύστημα Δυναμικών (Feng et al. 2008), η Θεωρία Συστήματος Μεγάλης Κλίμακας, η Μέθοδος Βελτιστοποίησης και η Προσέγγιση Επιδίωξης Πρόβλεψης (Liu and Borthwick 2011). Η Ανάλυση Τάσης βασίζεται στην εμπειρική ανάλυση μερικών κοινωνικοοικονομικών δεικτών κάτω

από περιορισμούς υδατικών πόρων. Η Μέθοδος Ασαφούς Συνολικής Αξιολόγησης είναι μια κοινή μέθοδος εκτίμησης, που βασίζεται σε μια σειρά συστημάτων δεικτών. Το Σύστημα Δυναμικών μπορεί να αναπαριστά την αλληλεπίδραση και το μηχανισμό ανάδρασης μεταξύ των ανθρώπινων δραστηριοτήτων και του συστήματος υδατικών πόρων. Η Μέθοδος Πολλαπλών Στόχων Αποφάσεων και Ανάλυση μπορεί να αποκτήσει τη μέγιστη βιώσιμη κοινωνικοοικονομική κλίμακα κάτω από μια σειρά περιβαλλοντικών περιορισμών και περιορισμό πόρων νερού. Η Θεωρία Συστήματος Μεγάλης Κλίμακας μπορεί να χρησιμοποιήσει την ιδέα της αποσύνθεσης και του συντονισμού για να λύσει ένα πρόβλημα συστήματος μεγάλης κλίμακας. Η Μέθοδος Βελτιστοποίησης βρίσκει τη βέλτιστη λύση για σύνθετα προβλήματα. Τέλος, η Προσέγγιση Επιδίωξης Πρόβλεψης είναι μια νέα μέθοδος στατιστικής, η οποία δίνει λύσεις σε πολυδιάστατα κοινωνικοοικονομικά προβλήματα και συστήματα υδατικών πόρων. Από διαχειριστικής άποψης η Θεωρία Συστήματος Μεγάλης Κλίμακας και η Μέθοδος Βελτιστοποίησης είναι οι πιο κατάλληλες καθώς η πρώτη δείχνει την αλληλεπίδραση μεταξύ του κοινωνικοοικονομικού συστήματος και του συστήματος υδατικών πόρων, ενώ η δεύτερη είναι πρακτική σε ζητήματα διαχείρισης και λήψης αποφάσεων (Dou et al. 2015).

2.9 ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ ΣΕ ΝΗΣΙΩΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ – ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΛΕΣΒΟΥ

Διάφορες μελέτες για την κλιματική αλλαγή στην περιοχή της μεσογείου καταδεικνύουν την τρωτότητα της περιοχής στην αλλαγή του κλίματος, η οποία σχετίζεται με σημαντική αύξηση της θερμοκρασίας και μείωση των βροχοπτώσεων (Giorgi & Lionello 2008, Sheffield & Wood 2008, Giannakopoulos et al. 2009, Kostoroulou et al. 2012). Τέτοιου τύπου μεταβολές στις κλιματικές συνθήκες δύναται να επιφέρουν δυσμενείς επιπτώσεις σε πολλούς τομείς της οικονομίας της περιοχής, όπως η γεωργία, ο τουρισμός και ο τομέας της ενέργειας (Giannakopoulos et al. 2011). Επίσης, η αύξηση της θερμοκρασίας σε συνδυασμό με τη μείωση των διαθέσιμων υδατικών πόρων ενδέχεται να οδηγήσει σε αρνητικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία και τα φυσικά οικοσυστήματα (Lelieveld et al. 2012, 2014).

Σε ότι αφορά την περιοχή της Λέσβου η πιθανή εικόνα εκτιμήθηκε με βάση τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την ανάλυση των δεδομένων του περιφερειακού κλιματικού μοντέλου RACMO2. Δημιουργήθηκαν χάρτες κλιματικών αλλαγών που περιγράφουν τις κλιματικές συνθήκες στο παρόντικό κλίμα της Λέσβου, αλλά και χάρτες ακραίων κλιματικών δεικτών στη χωρική ανάλυση του περιφερειακού κλιματικού μοντέλου (25x25 Km) (Tsoukala et al 2018).

Οι χάρτες των κλιματικών μεταβολών κατά το μέλλον (2071 -2100), απεικονίζουν αύξηση της μέσης ετήσιας μέγιστης θερμοκρασίας σε ολόκληρη την περιοχή, με τιμές που φτάνουν τους 3.5 – 4° C. Αναμένεται αύξηση στον αριθμό των πολύ θερμών ημερών (TX>30°C) σε ολόκληρη τη Λέσβο, με αυξήσεις από 20 έως και 50 ημέρες/έτος. Επίσης αναμένεται να παρατηρηθεί αύξηση και στον αριθμό των τροπικών νυχτών (TN>20°C), με αυξήσεις έως και 70 επιπλέον νύχτες ετησίως στην ανατολική Λέσβο μέχρι το 2100. Η περιοχή μελέτης προβλέπεται να μεταβεί σε ξηρότερες συνθήκες, καθώς η ετήσια βροχόπτωση ενδέχεται να μειωθεί κατά 50mm έως 80mm βροχόπτωσης ετησίως, στο ανατολικό και δυτικό τμήμα του νησιού αντίστοιχα, έως το τέλος του 21^{ου} αιώνα. Η Λέσβος αναμένεται να αντιμετωπίσει περισσότερες ξηρές ημέρες στο μέλλον. Οι μεγαλύτερες μεταβολές παρατηρούνται στο ήδη ξηρότερο δυτικό τμήμα του νησιού, όπου οι αυξήσεις αναμένονται να φτάσουν έως και 20 επιπλέον μέρες ξηρές ημέρες ανά έτος μέχρι το 2100.

Αναλύοντας τις τάσεις των δεικτών, οι οποίες υπολογίστηκαν με τις χρονοσειρές της Μυτιλήνης, παρατηρήθηκε ότι οι σχετιζόμενοι με τη θερμοκρασία κλιματικοί δείκτες παρουσιάζουν θετικές τάσεις προς θερμότερες συνθήκες. Παρατηρήθηκε έντονη αύξηση στην εμφάνιση θερινών ημερών καθώς και τροπικών νυχτών. Οι δροσερές νύχτες και οι ψυχρές ημέρες μειώνονται σημαντικά, ενώ οι θερμές ημέρες και νύχτες παρουσιάζουν μεγάλη αύξηση. Όπως προαναφέρθηκε, οι μέσες ετήσιες βροχοπτώσεις τείνουν να μειωθούν μέχρι το 2100, ωστόσο οι δείκτες παρουσιάζουν θετική τάση στις μεγάλες βροχοπτώσεις στο μέλλον, καταδεικνύοντας τις μεταβολές της μέγιστης ποσότητας νερού που κατακρημνίζεται σε σύντομο χρονικό διάστημα. Η αυξητική τάση αυτής της παραμέτρου, που συνδυάζεται με παράλληλη μείωση της συνολικής ετήσιας βροχόπτωσης, συνεπάγεται ότι περισσότερο ραγδαίες βροχοπτώσεις θα συμβούν στο μέλλον.

Οι μεταβαλλόμενες κλιματικές συνθήκες στη Λέσβο πιθανά να προκαλέσουν σημαντικές επιπτώσεις στην αγροτική παραγωγή και στη διαχείριση της γης, παρόλο που οι σημαντικότερες χρήσεις γης στη περιοχή είναι προσαρμοσμένες σε μεσογειακές κλιματικές συνθήκες. Οι χρήσεις γης είναι κυρίως μόνιμες καλλιέργειες με κυριότερη αυτή της ελαιοκαλλιέργειας. Οι τάσεις αναμένεται να αυξήσουν την καταπόνηση των φυτών στη διάρκεια της ξηρής περιόδου με αποτέλεσμα να απαιτείται άρδευση και στις μη αρδευόμενες καλλιέργειες και ένταση της άρδευσης στις αρδευόμενες εκτάσεις. Αποτέλεσμα αυτού, η διαχείριση του υδατικού δυναμικού αναμένεται να καταστεί σημαντικό ζήτημα στην περιοχή καθώς είναι ένας πόρος, ο οποίος επίσης «διεκδικείται» και από τις τουριστικές αλλά και τις αστικές δραστηριότητες (Tsoukala et al. 2018).

3. ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΑΡΑΚΤΙΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ

Οι παράκτιες περιοχές χαρακτηρίζονται ως οι πλέον ζωτικής σημασίας περιοχές σε παγκόσμιο επίπεδο. Αποτελούν το μεταβατικό περιβάλλον από το θαλάσσιο χώρο στη ξηρά και το γεγονός αυτό τους προσδίδει ιδιαίτερα περιβαλλοντικά και κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά. Το φυσικό περιβάλλον των παράκτιων περιοχών διαθέτει χαρακτηριστική βιοποικιλότητα, μοναδικές γεωμορφολογικές δομές και εκεί εντοπίζονται ορισμένα από τα πιο αξιόλογα οικολογικά ενδιαιτήματα, όπως εκβολές ποταμών, πεδία κατάκλισης κ.α. (Costanza et al. 1998). Οι παράκτιες περιοχές χαρακτηρίζονται από τη δυναμική αλληλεξάρτηση της στεριάς και της θάλασσας, όπως αποτυπώνεται στη δυναμική αλληλεξάρτηση των φυσικών οικοσυστημάτων και των ανθρώπινων δραστηριοτήτων στις περιοχές αυτές. Επιπλέον οι παράκτιες περιοχές χαρακτηρίζονται από εντεινόμενη συγκέντρωση ανθρώπινων δραστηριοτήτων με συγκρούσεις για τη χρήση του χώρου, αλλά και πιέσεις με κινδύνους για υποβάθμιση του περιβάλλοντος (Κοκκώσης 2016)

3.1 Η ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΤΟΥ ΟΡΟΥ

Η διαχείριση του παράκτιου περιβάλλοντος θεωρείται ως υψηλά ιεραρχημένο ζήτημα στη λίστα των ζητημάτων περιβαλλοντικής και κοινωνικο-οικονομικής βιωσιμότητας που απασχολούν την παγκόσμια κοινότητα και σαφώς αποτελεί αναπόσπαστο τμήμα της ατζέντας φορέων χάραξης πολιτικής σε διεθνές, εθνικό, περιφερειακό και τοπικό επίπεδο. Το παράκτιο περιβάλλον με τη πολυμορφία που το χαρακτηρίζει τόσο από γεωγραφική όσο και από οικολογική άποψη αλλά και σε συνδυασμό με τις μεγάλες διαφορές που υφίσταται σε ότι αφορά στις πιέσεις, καθιστά τη διαχείρισή του στόχο ιδιαίτερα απαιτητικό και σύνθετο. Λόγω αυτής της πολυπλοκότητας και πολυδιάστατου πλαισίου διαμορφώθηκε η ιδέα των «ολοκληρωμένων» διαχειριστικών πρακτικών.

Διάφοροι ορισμοί έχουν προκύψει στην προσπάθεια να συνδυαστούν όλες οι παράμετροι που εμπεριέχονται στην έννοια της Ολοκληρωμένης Διαχείρισης

Παράκτιων Ζωνών (ΟΔΠΖ) και η έννοιά της επεξηγείται με διαφορετικό τρόπο ανάλογα την οπτική γωνία των εμπλεκομένων, των χρηστών παράκτιων πόρων, εκπρόσωπων κυβερνητικών φορέων, της επιστημονικής κοινότητας κ.ά.

Σύμφωνα με τους Cicin-Sain and Knecht (1998), με τον όρο ολοκληρωμένη διαχείριση παράκτιας ζώνης μπορεί να προσδιοριστεί η συνεχιζόμενη και δυναμική διεργασία μέσω της οποίας λαμβάνονται αποφάσεις για τη βιώσιμη χρήση, τη περαιτέρω αξιοποίηση και προστασία των παράκτιων και θαλάσσιων περιοχών και των πόρων που αυτές παρέχουν. Σημαντικό και αναπόσπαστο τμήμα της Ολοκληρωμένης Διαχείρισης Παράκτιας Ζώνης αποτελεί ο σχεδιασμός θεσμικών διεργασιών με στόχο την επίτευξη συναίνεσης μεταξύ των διάφορων μερών που εμπλέκονται στη λήψη αποφάσεων, σε αποδεκτό επίπεδο.

Ο παραπάνω ορισμός δεν αποτελεί και τον μοναδικό. Για παράδειγμα το Μεσογειακό Πρωτόκολλο (2009) ορίζει την ΟΔΠΖ ως τη δυναμική εκείνη διεργασία για τη βιώσιμη διαχείριση και τη χρήση των παράκτιων ζωνών, λαμβάνοντας υπόψη ταυτόχρονα την εύθραυστη φύση των παράκτιων οικοσυστημάτων και τοπίων, την ποικιλότητα των δραστηριοτήτων και των χρήσεων, τις αλληλεπιδράσεις τους, το θαλάσσιο προσανατολισμό συγκεκριμένων δραστηριοτήτων και χρήσεων και των επιδράσεων τους στο θαλάσσιο και χερσαίο τμήμα της παράκτιας ζώνης.

Από τους διάφορους ορισμούς που έχουν προκύψει εξάγεται το συμπέρασμα ότι η διαδικασία της Ολοκληρωμένης Διαχείρισης Παράκτιων Ζωνών εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, οι οποίοι θα πρέπει να αποσαφηνίζονται με κυριότερα τους στόχους της διαχειριστικής διαδικασίας και το επίπεδο διαχείρισης.

3.2 ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΝΗΣΙΩΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Η Ολοκληρωμένη Διαχείριση Νησιωτικού Περιβάλλοντος (ΟΔΝΠ) εμπεριέχει όλα τα χαρακτηριστικά και τις απαιτήσεις της Ολοκληρωμένης Διαχείρισης Παράκτιων Ζωνών (ΟΔΠΖ). Αυτό προκύπτει από τη θεώρηση ότι ένα νησί αποτελείται δυνητικά από ένα άθροισμα παράκτιων ζωνών, με επιπρόσθετο χαρακτηριστικό τη νησιωτικότητα, όρος που υπονοεί σε μικρό ή μεγάλο βαθμό τη γεωγραφική

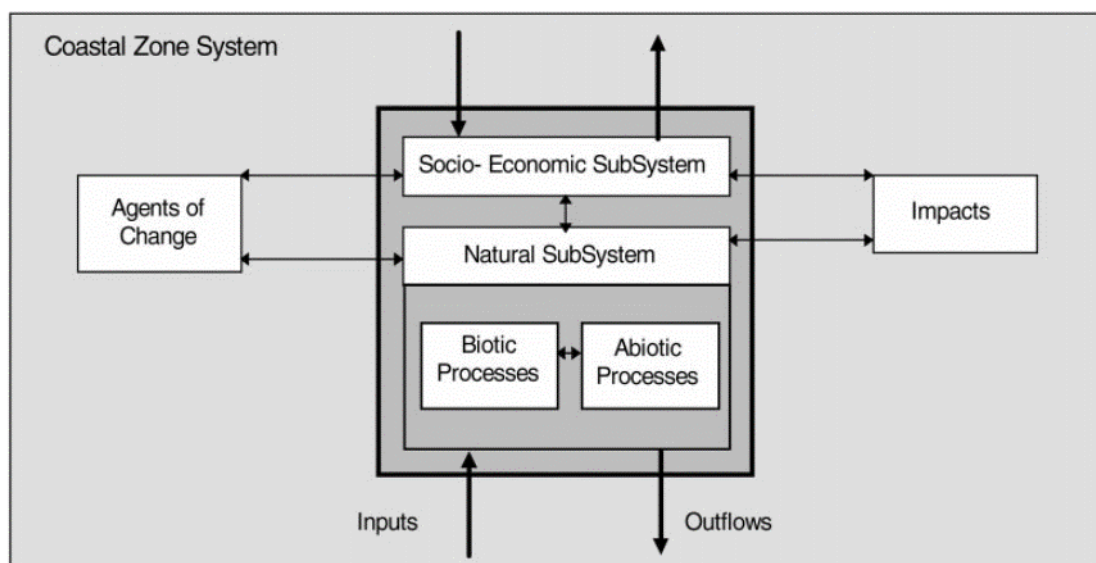
απομόνωση ενός νησιού. Υπό αυτή τη θεώρηση η Ολοκληρωμένη Διαχείριση Νησιωτικού περιβάλλοντος αποτελεί μια δυναμική, συνεχή και επαναληπτική διαδικασία για την προώθηση της βιώσιμης διαχείρισης των νησιών που επιδιώκει, σε μακροπρόθεσμο ορίζοντα, να συνδυάσει τα οφέλη:

- Από την οικονομική ανάπτυξη και τις χρήσεις των πόρων
- Από την προστασία, διατήρηση και αποκατάσταση του φυσικού περιβάλλοντος
- Την ελαχιστοποίηση της απώλειας και υποβάθμισης των ανθρώπινων ζώων και περιουσιών και
- Την πρόσβαση του κοινού και την απόλαυση των περιοχών, εντός των ορίων που θέτει η φυσική δυναμική και η φέρουσα ικανότητα τους (Gonzalez-Riancho et al. 2009)

Η ολοκληρωμένη διαχείριση θεωρείται ως το μονοπάτι το οποίο θα οδηγήσει τα νησιωτικά συστήματα στη βιώσιμη ανάπτυξη στο μέλλον, χρησιμοποιώντας μια προσέγγιση που συνδυάζει τη διαχείριση των φυσικών πόρων με την εξέλιξη της οικονομικής αποτελεσματικότητας συμπεριλαμβάνοντας όλους τους εμπλεκόμενους φορείς και ενδιαφερόμενους κατά τη διάρκεια της διαδικασίας (Sano & Medina 2012).

Σε κάθε νησιωτική περιοχή υπάρχει μια σειρά κοινωνικοοικονομικών δραστηριοτήτων, οι οποίες σχετίζονται με τις υπάρχουσες χρήσεις γης και η χωρική κατανομή των δραστηριοτήτων αυτών επηρεάζει τη ζήτηση σε αγαθά και υπηρεσίες. Αποτέλεσμα των κοινωνικοοικονομικών δραστηριοτήτων αποτελεί η περιβαλλοντική πίεση, η οποία οδηγεί σε αλλαγές της κατάστασης του φυσικού περιβάλλοντος (Palmer et al. 2011). Στο πλαίσιο της ολοκληρωμένης διαχείρισης των νησιωτικών περιοχών, η μοντελοποίηση των οικολογικών, κοινωνικών και οικονομικών συστημάτων είναι ένα βασικό ζήτημα προς τον αειφόρο σχεδιασμό. Για το λόγο αυτό η ολοκληρωμένη διαχείριση απαιτεί εργαλεία που αντιμετωπίζουν με διεπιστημονικότητα, πολλαπλές κλίμακες – χωρικές, χρονικές ή οργανωτικές – καθώς και γνώση από διαφορετικές πηγές (Morotta et al. 2011).

Ένα νησί, κατά αντιστοιχία με μία παράκτια ζώνη, αποτελείται από ένα φυσικό και ένα κοινωνικοοικονομικό υποσύστημα τα οποία σε σημαντικό βαθμό αλληλεπιδρούν μεταξύ τους (Εικόνα 3). Η διαχείριση νησιωτικών περιοχών θα πρέπει να βασίζεται σε μια οικοσυστημική προσέγγιση που θα λαμβάνει υπόψη τις φυσικές, χημικές και βιολογικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των διαφόρων συνιστωσών του συστήματος σε σχέση με τις φυσικές και ανθρωπογενείς εισροές και εκροές (Fabbrì 1998). Θα πρέπει να χρησιμοποιεί κοινωνικοοικονομικούς δείκτες για την αξιολόγηση των πιέσεων και των επιπτώσεων που δέχονται τα οικοσυστήματα και προέρχονται από τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες (Gonzales – Riancho et al. 2009) και δείκτες για την αξιολόγηση της κατάστασης του οικοσυστήματος. Θα πρέπει κατά συνέπεια να επιτρέπει την προσαρμογή της διαδικασίας λόγω της μεταβλητότητας των νησιωτικών περιοχών χρησιμοποιώντας μια κοινή ομάδα στρατηγικών δεικτών και ταυτόχρονα εξειδικευμένους δείκτες (Sarda et al. 2005) για την αξιολόγηση των επιπτώσεων στους οικοτόπους, που μπορεί να ποικίλουν. Οι στρατηγικοί δείκτες αφορούν σε οικονομικούς τομείς αλλά και στο περιβάλλον και μπορεί να σχετίζονται με την αλιεία και τις υδατοκαλλιέργειες, τις μεταφορές, την ενέργεια, την προστασία των ειδών και των οικοτόπων, τον τουρισμό και την αναψυχή, τη βιομηχανία, την κτηνοτροφία και τη γεωργία (Gonzales-Riancho et al. 2009).



Εικόνα 3 Αλληλεπίδραση υποσυστημάτων σε ένα νησί αλλά και σε παράκτια ζώνη (Fabbrì 1998)

4. ΣΤΟΧΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι να αναπτυχθεί πρότυπη μεθοδολογία για την ενσωμάτωση της Φέρουσας Ικανότητας Υδατικών Πόρων στην Ολοκληρωμένη Διαχείριση Νησιωτικού Περιβάλλοντος. Γίνεται χρήση μοντέλου ολοκληρωμένης διαχείρισης νησιωτικού περιβάλλοντος και εξετάζονται τέσσερα σενάρια για τις δυνατότητες οικονομικής και κοινωνικής ανάπτυξης του υπό μελέτη νησιού με ασφαλή χρήση των διαθέσιμων υδατικών πόρων. Τα σενάρια αυτά προβλέπουν την αλλαγή κλιματικών συνθηκών και τη δυνατότητα συγκράτησης νερού σε εξωποτάμιες λιμνοδεξαμενές ή μικροφράγματα ανασχέσης μικρής κλίμακας. Η μεθοδολογία εφαρμόζεται στο νησί της Λέσβου στο Ανατολικό Αιγαίο.

Το μοντέλο ολοκληρωμένης διαχείρισης νησιωτικού περιβάλλοντος (Tsoukala et al. 2018) εκφράζει την οικονομική δομή του νησιού μέσω σειράς οικονομικών τομέων από τους οποίους υπολογίζεται σειρά δεικτών περιβαλλοντικής ποιότητας, οικονομικής ανάπτυξης και κοινωνικής ευημερίας. Μεταξύ των περιβαλλοντικών δεικτών περιλαμβάνεται η κατανάλωση νερού. Αυτή εκφράζεται ως ποσοστό της διαθέσιμης ποσότητας νερού που υπολογίζεται από υπομοντέλο λεκάνης απορροής και υδατικού ισοζυγίου.

5. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Αναπτύχθηκε πρότυπη μεθοδολογία για την ενσωμάτωση της Φέρουσας Ικανότητας Υδατικών Πόρων στην Ολοκληρωμένη Διαχείριση Νησιωτικού Περιβάλλοντος. Στην παρούσα εργασία η Φέρουσα Ικανότητα Υδατικών Πόρων εκφράζεται ως η μέγιστη κοινωνικοοικονομική ανάπτυξη ενός νησιωτικού χώρου, η οποία βασίζεται στους διαθέσιμους υδατικούς πόρους.

5.1 ΜΟΝΤΕΛΟ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΝΗΣΙΩΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε ένα Σύστημα Στήριξης Αποφάσεων (ΣΣΑ) το οποίο για αρχή αναπτύχθηκε για τις παράκτιες περιοχές της Μεσογείου εντός του Ευρωπαϊκού Ερευνητικού Προγράμματος DITTY (Development of an Information on Technology Tool for the Management of European Southern Lagoon under the influence of river – businunoff) (Tsirtsis et al. 2006). Για τη περιοχή μελέτη, αναπτύχθηκε βάση δεδομένων η οποία περιλαμβάνει πληροφορίες για την υφιστάμενη κατάσταση του φυσικού, οικονομικού και κοινωνικού περιβάλλοντος, καθώς και τις κλιματικές τάσεις. Μοντέλα εκτιμούν τις τιμές περιβαλλοντικών, οικονομικών και κοινωνικών δεικτών που αποτυπώνουν την υφιστάμενη κατάσταση και σενάρια δυνητικής μελλοντικής εξέλιξης. Οι δείκτες τροφοδοτούν πολυκριτηριακή ανάλυση που αξιολογεί και κατατάσσει τα σενάρια με βάση πολιτικές προτεραιότητες και κοινωνικές απόψεις (Tsoukala et al 2018).



Εικόνα 4 Πλαίσιο Συστήματος Στήριξης Αποφάσεων για την Ολοκληρωμένη Διαχείριση Νησιού

Αρχικά αποτυπώνεται η περιοχή μελέτης μέσω του πλαισίου DPSIR, αναγνωρίζονται οι βασικοί οικονομικοί τομείς και ο καθένας εκφράζεται ποσοτικά μέσω μιας μεταβλητής V_i . Εξωγενείς παράγοντες που μπορεί να επηρεάζουν, όπως η κλιματική

αλλαγή, εκφράζονται επίσης μέσω μεταβλητών D_i (πχ. ύψος βροχής ή θερμοκρασία του αέρα). Μέσω των μεταβλητών αυτών (V_i και D_i) διαμορφώνεται για την περιοχή μελέτης η υφιστάμενη κατάσταση και σενάρια δυνητικής εξέλιξης. Τα σενάρια εκτελούνται με τη χρήση μοντέλων (απλά γραμμικά ή σύνθετα μοντέλα) και παράγεται σειρά περιβαλλοντικών, οικονομικών και κοινωνικών δεικτών. Οι δείκτες αυτοί χρησιμοποιούνται ως κριτήρια σε πολυκριτηριακή ανάλυση με σχετικά βάρη, τα οποία ορίζονται από τον χειριστή του ΣΣΑ, με βάση πολιτικές προτεραιότητες και κοινωνικές απόψεις. Πριν την εφαρμογή της Πολυκριτηριακής Ανάλυσης, σενάρια που τυχόν παράγουν δείκτες εκτός ορίων (π.χ. που υπερβαίνουν υφιστάμενα όρια από εθνική ή ευρωπαϊκή Νομοθεσία) θεωρούνται ως μη βιώσιμα και απορρίπτονται. Στη συνέχεια τα βιώσιμα σενάρια βαθμολογούνται ανάλογα με τη σημαντικότητα και τη βαρύτητα των δεικτών – κριτηρίων που παράγουν και κατατάσσονται κατά σειρά προτίμησης.

Με την εφαρμογή του πλαισίου DPSIR αναγνωρίστηκαν οι κύριες οικονομικές δραστηριότητες και οι αντίστοιχες μεταβλητές (V_i), οι οποίες αναγνωρίζονται σε τυπικά μεσογειακά νησιά και είναι:

- Ποσοστό καλλιεργούμενων εκτάσεων για τη γεωργία.
- Αριθμός εκτρεφόμενων ζώων για την κτηνοτροφία
- Ποσότητα αλιεύματος για την αλιεία
- Ποσότητα πρώτης ύλης για τη βιομηχανία
- Αριθμός διανυκτερεύσεων για τον τουρισμό
- Αριθμός εργαζομένων για τον τομέα των κατασκευών και των υπηρεσιών

Οι βασικοί οικονομικοί τομείς που αναγνωρίζονται συνήθως σχεδόν σε κάθε τυπικό μεσογειακό νησί είναι : Γεωργία, Κτηνοτροφία, Αλιεία και Υδατοκαλλιέργειες, Βιομηχανία, Τουρισμός, Κατασκευές και Υπηρεσίες. Οι οικονομικές δραστηριότητες σε αυτούς τους τομείς προκαλούν κατανάλωση νερού και ενέργειας, παράγουν στερεά απόβλητα και ρύπους (πχ. φορτία αζώτου και φωσφόρου) και προκαλούν μείωση της βιοποικιλότητας της περιοχής. Η κατάσταση των νησιωτικών περιοχών αλλάζει και επηρεάζεται ο πληθυσμός της περιοχής, που δύναται να αυξηθεί ή να μειωθεί, το κατά κεφαλήν εισόδημα, η απασχόληση, επέρχονται αλλαγές στις

χρήσεις γης και μεταβολές στην παραγωγή αγροτικών, βιομηχανικών και αλιευτικών προϊόντων.

Μέσω μεταβολών των μεταβλητών των οικονομικών τομέων διαμορφώνονται σενάρια εξέλιξης της περιοχής στο χρόνο και με τη χρήση μοντέλων υπολογίζονται οι αντίστοιχοι περιβαλλοντικοί, οικονομικοί και κοινωνικοί δείκτες.

Οι περιβαλλοντικοί δείκτες που χρησιμοποιούνται στο Σύστημα Στήριξης Απόφασης είναι:

- Κατανάλωση νερού
- Κατανάλωση ενέργειας
- Φορτίο Αζώτου (N)
- Φορτίο Φωσφόρου (P)
- Μείωση Βιοποικιλότητας

Οι οικονομικοί δείκτες είναι:

- Απασχόληση και
- Εισόδημα

Ενώ οι κοινωνικοί δείκτες είναι:

- Δείκτης Φτώχειας
- Δείκτης μη προσβασιμότητας στην εκπαίδευση
- Δείκτης προσδόκιμου ζωής
- Δείκτης ανθρώπινης ανάπτυξης (Human Development Index, HDI)

Το Μοντέλο Ολοκληρωμένης Διαχείρισης Νησιωτικού Περιβάλλοντος εφαρμόστηκε στη Λέσβο, ένα νησί στο οποίο παρουσιάζει τα χαρακτηριστικά εκείνα που καθιστούν αναγκαία αλλά ταυτόχρονα δύσκολη την ανάπτυξη διαχειριστικών σχεδίων ανάπτυξης. Στη Λέσβο παρουσιάζονται συγκρούσεις μεταξύ των διάφορων χρήσεων γης και των ανθρώπινων δραστηριοτήτων, πιέσεις στο φυσικό περιβάλλον, φθίνουσα οικονομία και πληθυσμό και ανάγκη ισόρροπης οικονομικής ανάπτυξης και κοινωνικής ευημερίας.

Ένας από τους περιβαλλοντικούς δείκτες που υπολογίζει το μοντέλο αποτελεί η Κατανάλωση Νερού, η οποία υπολογίστηκε και χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα εργασία τόσο για το έτος αναφοράς, το οποίο ήταν το 2011 καθώς ήταν έτος απογραφής και χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα της ΕΛΣΤΑΤ όσο και στα Σενάρια που αναπτύσσονται.

5.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ

Η γενική μορφή του υδρολογικού ισοζυγίου, που εκφράζει ουσιαστικά την ισότητα εισροών εκροών είναι (Krasakoroulou & Pagou 2011):

$$V_P = V_Q + V_E$$

Όπου:

V_P τα ετήσια ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα

V_Q η ολική απορροή στην έξοδο της λεκάνης

V_E το νερό που μεταφέρεται στην ατμόσφαιρα μέσω της εξάτμισης και της διαπνοής

Η ολική απορροή V_Q εκφράζει το σύνολο της ετήσιας απορροής που παρατηρείται στη λεκάνη, δηλαδή ισχύει:

$$V_Q = V_R + V_I$$

Όπου:

V_R η επιφανειακή απορροή

V_I η κατείσδυση

Επομένως η εξίσωση του υδατικού ισοζυγίου γίνεται:

$$V_P = V_R + V_I + V_E$$

- Ο υπολογισμός των *ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων* προκύπτει από τα δεδομένα βροχόπτωσης από το σταθμό του αεροδρομίου στη Λέσβο. Συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκε ο δείκτης R_{annual} , ο οποίος αναφέρεται στο ετήσιο ύψος βροχόπτωσης σε mm. Ο όγκος του νερού των κατακρημνισμάτων υπολογίζεται πολλαπλασιάζοντας την τιμή του δείκτη R_{annual} με το εμβαδό της υπο μελέτης περιοχή (Μυγιάκη 2015).

- Για τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής εφαρμόζεται ο τύπος TURC. Για να έχει πιο ακριβή θα πρέπει στην περιοχή να εντοπίζονται υψηλές βροχοπτώσεις, χαμηλές θερμοκρασίες και η λεκάνη να μην περιέχει ανθρακικούς καρστικούς σχηματισμούς. Ο τύπος είναι (Σούλιος 1986):

$$E = P / \sqrt{0.9 + \frac{P^2}{L^2}}$$

E η ετήσια πραγματική εξατμισοδιαπνοή

P το μέσο ετήσιο ύψος βροχής σε mm

L συντελεστής που υπολογίζεται από τη σχέση

$$L = 300 + 25T + 0.05T^3$$

Όπου, T η μέση ετήσια θερμοκρασία σε βαθμούς °C που εκφράζει την εξατμιστική δυνατότητα της ατμόσφαιρας.

Εφόσον τα δεδομένα το επιτρέπουν είναι προτιμότερο να χρησιμοποιείται η διορθωμένη θερμοκρασία T_{Δ} έναντι της μέσης θερμοκρασίας T_{α} , η οποία δίδεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$T_{\Delta} = (P_1T_1 + P_2T_2 + \dots + P_{12}T_{12}) / (P_1 + P_2 + \dots + P_{12})$$

Όπου,

P_1, P_2, \dots, P_{12} είναι τα ύψη των κατακρημνισμάτων σε κάθε ένα από τους 12 μήνες και

T_1, T_2, \dots, T_{12} η αντίστοιχη μέση θερμοκρασία

Ο όγκος του νερού V_E που χάνεται λόγω εξατμισοδιαπνοής προκύπτει αν πολλαπλασιαστεί η εξατμισοδιαπνοή με το συνολικό εμβαδό της λεκάνης.

- Για τον υπολογισμό της επιφανειακής ροής V_R χρησιμοποιούνται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την εφαρμογή του μοντέλου λεκάνης απορροής με τη χρήση της μεθόδου Curve Number. Η μεθοδολογία του μοντέλου παρατίθεται στο επόμενο κεφάλαιο. Τα αποτελέσματα του

μοντέλου είναι οι ετήσιες επιφανειακές απορροές των 7 υπολεκανών της Λέσβου και το άθροισμα αυτών αποτελεί το σύνολο της επιφανειακής απορροής της νήσου.

- Ο όγκος κατείσδυσης V_i υπολογίστηκε με τη χρήση του τύπου του υδρολογικού ισοζυγίου καθώς όλοι οι υπόλοιποι όροι της εξίσωσης είχαν ήδη υπολογιστεί (Μυγιάκη 2015).

5.3 ΥΠΟΜΟΝΤΕΛΟ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ

Στο Σύστημα Στήριξης Αποφάσεων εμπεριέχεται ένα μοντέλο λεκάνης απορροής με τη χρήση της μεθόδου Curve Number (Arhonditsis et al., 2002), προκειμένου να πραγματοποιηθεί ο υπολογισμός της επιφανειακής απορροής και εν τέλει να υπολογιστεί ο όγκος νερού που κατεισδύει μέσω της εξίσωσης του υδατικού ισοζυγίου. Το μοντέλο τρέχει σε ημερήσια βάση και βασίζεται σε δεδομένα ημερήσιας βροχόπτωσης και εξάτμισης. Η λεκάνη απορροής χωρίζεται σε στοιχειώδεις περιοχές λαμβάνοντας υπόψη την τοπογραφία και τις χρήσεις γης και για κάθε μία υπολογίζεται η αντίστοιχη τιμή Curve Number (CN). Το εύρος των τιμών των CN κυμαίνεται μεταξύ 30 – 100, με τις χαμηλότερες τιμές να δηλώνουν περιοχές με χαμηλή απορροή και τις υψηλές, περιοχές δυνητικά μεγάλης απορροής (Spygroulou et al. 2012).

Για την εκτίμηση της απορροής (runoff) μετά από βροχόπτωση από την κάθε στοιχειώδη περιοχή πραγματοποιούνται τα ακόλουθα βήματα (USDA 1986):

A. Για κάθε στοιχειώδη περιοχή υπολογίζεται το εμβαδόν (σε Km²) και βρίσκεται από τη βιβλιογραφία ο καταλληλότερος Curve Number (CN)

B. Υπολογίζεται η δυνητική μέγιστη κατακράτηση υγρασίας εδάφους S μετά την έναρξη της βροχόπτωσης (potential maximum moisture retention after runoff begins) σε cm, από τη σχέση:

$$S = \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) \times 2.54$$

Γ. Υπολογίζεται η ποσότητα βροχόπτωσης Ia (initial abstraction or the amount of water before runoff) σε cm, από τη σχέση $Ia=0.2 \times S$

Δ. Αν P το ημερήσιο ύψος βροχής σε cm, η ημερήσια απορροή Q σε cm υπολογίζεται από τη σχέση $Q = \frac{(P-Ia)^2}{P-Ia+S}$ για $P > Ia$, ενώ $Q=0$ για $P \leq Ia$.

Νεώτερη εργασία (Hawkins et al. 2000) που βασίστηκε σε μεγάλο όγκο δεδομένων απορροής έδειξε ότι οι εκτιμήσεις είναι ακριβέστερες αν η τελευταία σχέση αντικατασταθεί από την $Q = \frac{(P-0.05xS_{0.05})^2}{P+0.95xS_{0.05}}$ για $P > 0.05xS_{0.05}$, όπου $S_{0.05} = 1.33xS_{1.15}$. Για $P \leq 0.05xS_{0.05}$ είναι $Q=0$.

Η ακρίβεια της μεθόδου μπορεί να αυξηθεί παραπάνω αν οι αριθμοί CN διορθωθούν με βάση την υγρασία του εδάφους μερικές μέρες πριν την βροχόπτωση, συνήθως 5 ημέρες (Silveira et al. 2003). Η διόρθωση γίνεται με βάση διαφορετικά στοιχεία για την υγρή (Νοέμβριο έως Απρίλιο) και την ξηρή (Μάιο έως Οκτώβριο) περίοδο του έτους.

Για την ξηρή περίοδο και για μέση βροχόπτωση τις προηγούμενες 5 ημέρες < 3.5 cm υπολογίζεται ο ξηρός CN από τη σχέση $DryCN = \frac{4.2xCN}{10-0.058xCN}$ και για μέση βροχόπτωση τις προηγούμενες 5 ημέρες > 3.5 cm υπολογίζεται ο υγρός CN από τη σχέση $WetCN = \frac{23xCN}{10+0.13xCN}$. Για τις ενδιάμεσες τιμές βροχόπτωσης τις προηγούμενες 5 ημέρες ο CN δεν διορθώνεται.

Για την υγρή περίοδο ισχύουν οι ίδιες σχέσεις για τη διόρθωση του CN, αλλά αλλάζουν τα όρια. Ο ξηρός CN χρησιμοποιείται στη θέση του CN όταν η μέση βροχόπτωση τις προηγούμενες 5 ημέρες είναι < 1.2 cm και ο υγρός CN όταν η μέση βροχόπτωση τις προηγούμενες 5 ημέρες είναι > 2.8 cm. Για τις ενδιάμεσες τιμές μέσης βροχόπτωσης ο CN δεν διορθώνεται.

Το μοντέλο λεκάνης απορροής με τη χρήση της μεθόδου Curve Number εφαρμόστηκε στη Λέσβο, η οποία σύμφωνα με την οδηγία Inspire και την Κοινοτική Οδηγία περί υδάτων (2000/60/EC) χωρίζεται σε 51 υπολεκάνες απορροής που συνθέτουν τη λεκάνη απορροής του νησιού. Για λόγους μείωσης της χωρικής διακριτικότητας οι 51 υπολεκάνες ομαδοποιήθηκαν ώστε να προκύψουν 6 λεκάνες απορροής στο νησί. Η ομαδοποίηση βασίστηκε στον αποδέκτη των υδάτων και προέκυψαν οι εξής λεκάνες απορροής:

- Λεκάνη απορροής κόλπου Γέρας
- Λεκάνη απορροής κόλπου Καλλονής
- Λεκάνη απορροής βόρειας ακτής Λέσβου
- Λεκάνη απορροής ανατολικής ακτής Λέσβου
- Λεκάνη απορροής νότιας ακτής Λέσβου
- Λεκάνη απορροής δυτικής ακτής Λέσβου

Η κάθε λεκάνη απορροής χωρίστηκε σε τέσσερις υψομετρικές ζώνες 0 – 100, 100 - 200, 200 – 400 και >400μ. και επιλέχθηκαν επτά (7) κύριες χρήσεις γης, οι οποίες είναι οι αστικές περιοχές, οι ελαιώνες, οι χορτολιβαδικές εκτάσεις, τα δάση κωνοφόρων, οι καλλιέργειες, οι θαμνότοποι και υγρότοποι (Μυγιάκη 2015).

5.4 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΗ ΧΡΗΣΗ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ

Μέσω του μοντέλου Ολοκληρωμένης Διαχείρισης Νησιωτικού Περιβάλλοντος αποτυπώθηκε η περιβαλλοντική, οικονομική και κοινωνική κατάσταση της νήσου Λέσβου για το έτος αναφοράς 2011. Ειδικά για τη χρήση νερού ελέγχθηκε αν η κατανάλωση υπερβαίνει ένα όριο ασφαλείας ίσο με το 50% του νερού που κατεισδύει. Το όριο αυτό τέθηκε προκειμένου να εξασφαλίζεται ικανοποιητική ποσότητα νερού για τη διατήρηση των οικοσυστημικών λειτουργιών του περιβάλλοντος. Συγκεκριμένα η Λέσβος διαθέτει αξιόλογα υγροτοπικά συστήματα σε εκβολές ποταμών που η λειτουργία τους στηρίζεται και στη διαθεσιμότητα νερού. Αν δεν υπάρχει υπέρβαση του ορίου δίνεται η δυνατότητα οικονομικής και κοινωνικής ανάπτυξης της περιοχής.

Στο Πρώτο Σενάριο εξετάζεται η δυνατότητα οικονομικής και κοινωνικής ανάπτυξης σε βήματα του 1% έως ότου η κατανάλωση νερού αγγίξει το όριο ασφαλείας που έχει αναφερθεί παραπάνω. Πιο συγκεκριμένα σε κάθε βήμα αυξάνεται ο κάθε παραγωγικός τομέας (γεωργία, κτηνοτροφία, αλιεία, τουρισμός, βιομηχανία) και υπολογίζονται οι αντίστοιχοι περιβαλλοντικοί, οικονομικοί και κοινωνικοί δείκτες, μεταξύ των οποίων η κατανάλωση νερού. Σε περίπτωση που στην παρούσα κατάσταση υπάρχει υπέρβαση του ορίου ασφαλείας, εξετάζεται αντίστοιχα η

απαιτούμενη συρρίκνωση της οικονομίας ώστε να ισχύει το όριο ασφαλείας στην κατανάλωση νερού.

Στο Δεύτερο Σενάριο εξετάζονται τα παραπάνω στην περίπτωση που γίνεται συγκράτηση του νερού απορροής σε εξωποτάμιες λιμνοδεξαμενές ή μικροφράγματα ανασχέσης μικρής κλίμακας. Το ποσοστό συγκράτησης που θεωρήθηκε ήταν 30% της απορροής και αυτό λαμβάνοντας υπόψη την οικολογική και περιβαλλοντική ιδιαιτερότητα του νησιού.

Στα δύο επόμενα σενάρια (3 και 4) λαμβάνεται υπόψη η κλιματική αλλαγή και συγκεκριμένα μείωση του ετήσιου ύψους βροχόπτωσης και αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα κατά 10% (Tsoukala et al. 2018). Και στην περίπτωση αυτή αποτυπώνεται κατ' αρχήν η κατάσταση αναφοράς με τα κοινωνικοοικονομικά στοιχεία έτους 2011 αλλά σε συνθήκες κλιματικής αλλαγής. Όπως και στα σενάρια 1 και 2 εξετάζεται κατ' αρχήν η κατανάλωση του νερού σε σχέση με το όριο ασφαλείας και στη συνέχεια οι δυνατότητες ανάπτυξης ή συρρίκνωσης της οικονομίας χωρίς συγκράτηση νερού (Σενάριο 3) και με συγκράτηση του 30% του νερού που απορρέει (Σενάριο 4).

6 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

6.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Με τη χρήση του μοντέλου ολοκληρωμένης διαχείρισης νησιωτικού χώρου αποτυπώθηκε η περιβαλλοντική, οικονομική και κοινωνική κατάσταση της νήσου Λέσβου για έτος αναφοράς 2011. Η εστίαση έγινε στον περιβαλλοντικό δείκτη κατανάλωσης νερού και τους οικονομικούς δείκτες απασχόληση και εισόδημα οι οποίοι εξετάστηκαν και στα σενάρια υπόθεσης ώστε να διερευνηθεί η σχέση οικονομικής ανάπτυξης και κατανάλωσης νερού.

Σύμφωνα με τη μεθοδολογία που αναπτύχθηκε το ποσοστό του νερού που καταναλώνεται για την υποστήριξη των κοινωνικοοικονομικών δραστηριοτήτων ανέρχεται στο 48, 3%, του νερού που κατεισδύει. Το παραπάνω γεγονός μας δίνει τη δυνατότητα να υποθέσουμε ότι για τη περιοχή μελέτης υπάρχει δυνατότητα περαιτέρω κοινωνικοοικονομικής ανάπτυξης.

Το ετήσιο υδατικό ισοζύγιο για την περιοχή μελέτης και για έτος αναφοράς 2011 παρουσιάζεται στον πίνακα 1.

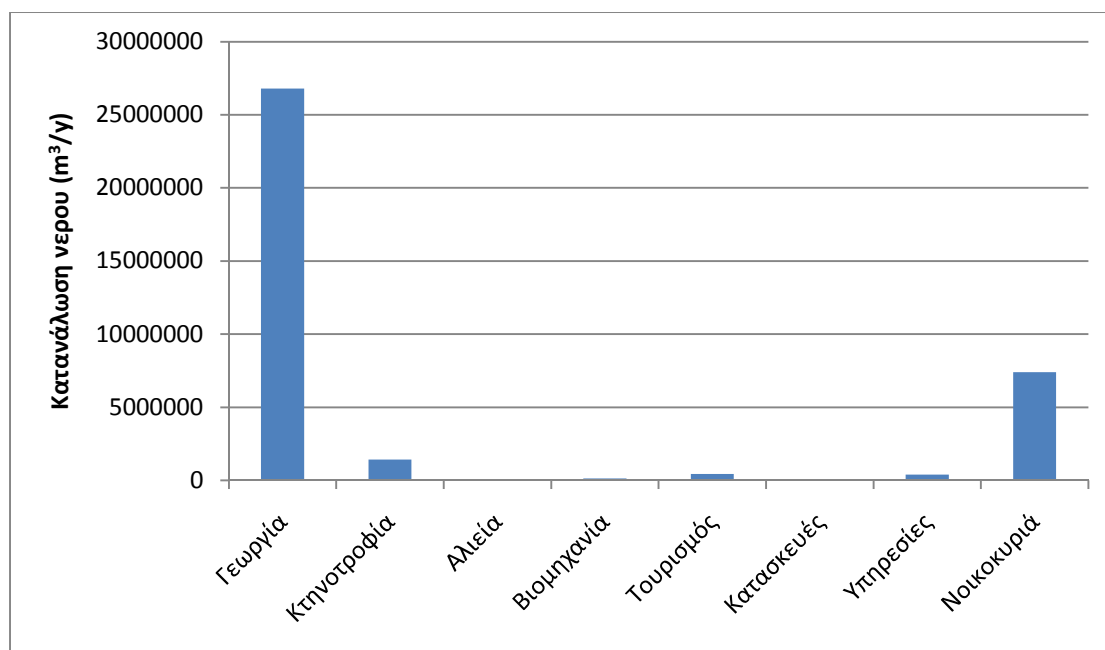
Πίνακας 1: Ετήσιο Υδατικό ισοζύγιο Λέσβου για το έτος αναφοράς 2011 σε σε hm^3 , όπως προέκυψε από το μοντέλο ΟΔΝΠ.

	Όγκος κατακριμνη-σμάτων V_P	Όγκος εξατμισο-διαπνοής V_E	Όγκος επιφανειακής απορροής V_R	Όγκος κατείσδυσης V_I
Έτος αναφοράς 2011	880	735	70	76

6.1.1 Κατανάλωση νερού

Η συνολική κατανάλωση νερού για τη στήριξη κοινωνικοοικονομικών δραστηριοτήτων στην περιοχή μελέτης, για το έτος αναφοράς (2011) είναι $37051567 \text{ m}^3/\text{y}$. Παρατηρείται ότι η γεωργία αποτελεί τον κυριότερο και σημαντικότερο καταναλωτή νερού, ποσοστό 72% της συνολικής κατανάλωσης. Δεύτερη σε ποσοστό στην κατανάλωση νερού έρχεται η οικιακή κατανάλωση με ποσοστό 20% ενώ στην κτηνοτροφία η κατανάλωση του νερού ανέρχεται στο

ποσοστό του 4%. Οι υπόλοιπες οικονομικές με εξαίρεση τις υπηρεσίες (2%) και τον τουρισμό (1%) έχουν σχεδόν μηδενική συμμετοχή στην κατανάλωση νερού, κάτω του 1% (Διαγράμματα 1).

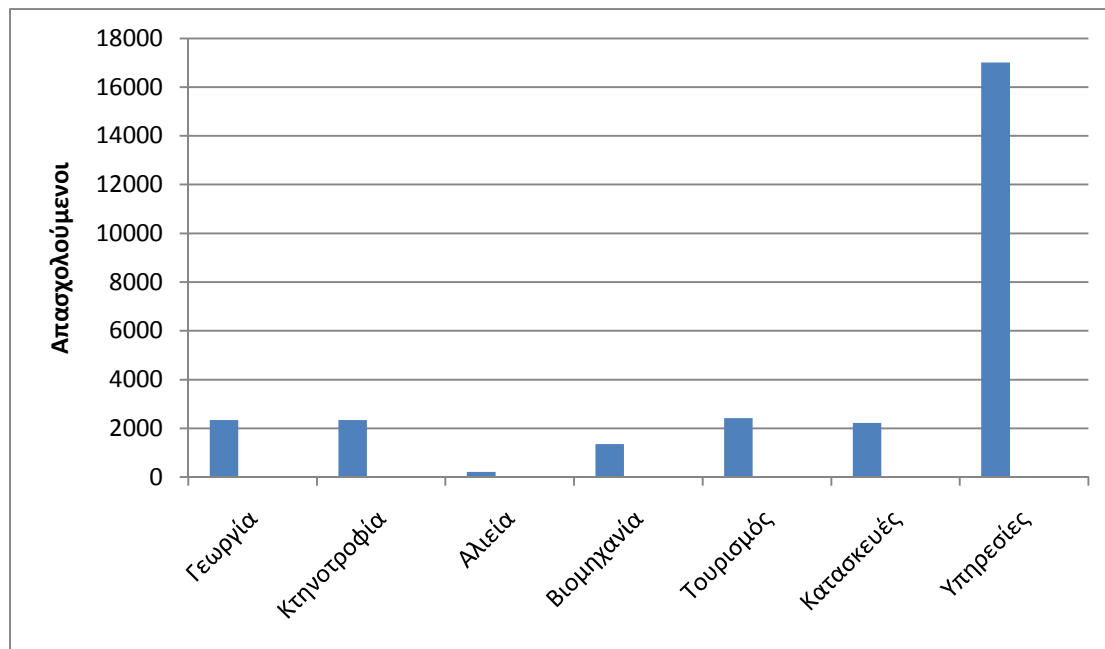


Διάγραμμα 1 Κατανάλωση νερού (m³/γ) ανά τομέα οικονομίας και νοικοκυριά για το έτος αναφοράς 2011, όπως προέκυψε από το μοντέλο ΟΔΝΠ.

6.1.2 Απασχόληση

Οι απασχολούμενοι στην περιοχή μελέτης εργάζονται στον πρωτογενή, δευτερογενή και τριτογενή τομέα οικονομίας. Σε ότι αφορά τον πρωτογενή τομέα, δηλαδή γεωργία, κτηνοτροφία, αλιεία τα ποσοστά απασχόλησης είναι 8%, 8% και 1% αντιστοίχως, σε σχέση με το συνολικό αριθμό απασχολούμενων. Ο δευτερογενής τομέας περιλαμβάνει τον τομέα των κατασκευών και τη βιομηχανία. Στις κατασκευές απασχολείται το 8% των συνολικά απασχολούμενων ενώ στη βιομηχανία το 5%. Το υπόλοιπο 70% των απασχολούμενων εργάζεται στον τριτογενή τομέα οικονομία εν προκειμένω τον τουρισμό και τις υπηρεσίες με ποσοστά 9% και 69%. Ο συνολικός αριθμός των απασχολούμενων είναι 27.909

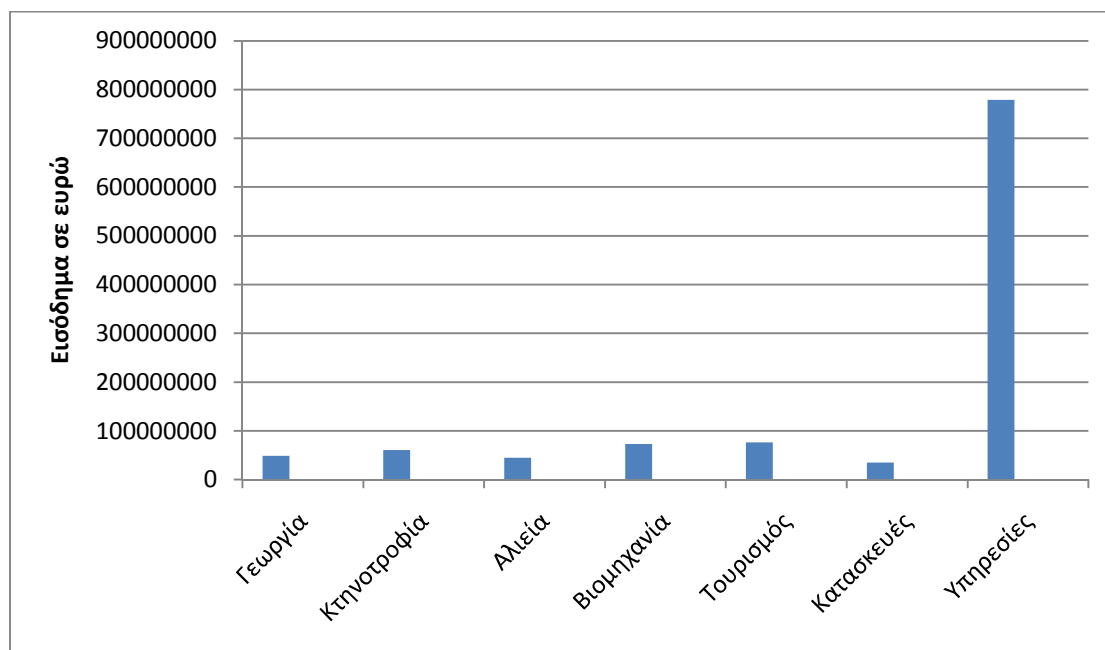
άτομα με τους περισσότερους να απασχολούνται στον τριτογενή τομέα οικονομίας δηλαδή υπηρεσίες και τουρισμό (Διάγραμμα 2).



Διάγραμμα 2 Αριθμός απασχολούμενων ανά τομέα οικονομίας για το έτος αναφοράς 2011, όπως προέκυψε από το μοντέλο ΟΔΝΠ.

6.1.3 Εισόδημα

Σε ότι αφορά το εισόδημα για την περιοχή μελέτης η κύρια πηγή αυτής αποτελεί ο τριτογενής τομέας καθώς σε αυτόν, όπως έχει αναφερθεί, απασχολείται το 70% από τους συνολικά εργαζόμενους. Ο τουρισμός συμβάλλει με ποσοστό 7%, ενώ οι υπηρεσίες με ποσοστό 70%, συνολικά δηλαδή για τον τριτογενή τομέα 77%. Το υπόλοιπο ποσοστό του συνολικού εισοδήματος κατανέμεται στις υπόλοιπες οικονομικές δραστηριότητες με ποσοστά 4% για την Γεωργία και Αλιεία, 5% για την Κτηνοτροφία, 7% για τη Βιομηχανία και 3% για τον κλάδο των Κατασκευών (Διάγραμμα 3).



Διάγραμμα 3 Συνολικό εισόδημα απασχολούμενων ανά κλάδο οικονομίας (σε ευρώ) για το έτος αναφοράς 2011, όπως προέκυψε από το μοντέλο ΟΔΝΠ .

6.2 ΣΕΝΑΡΙΟ 1 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΕ ΟΡΙΟ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ 50% ΣΤΟ ΔΙΑΘΕΣΙΜΟ ΝΕΡΟ

Στο πρώτο σενάριο εξετάζεται η δυνατότητα περαιτέρω οικονομικής και κοινωνικής ανάπτυξης στην υπό μελέτη περιοχή, υπό τις παρούσες κλιματικές συνθήκες θέτοντας ως όριο ασφαλείας την κατανάλωση του 50% του νερού που κατεισδύει. Συγκεκριμένα σε κάθε βήμα του 1% αυξάνονται οι παραγωγικοί τομείς, γεωργία, κτηνοτροφία, αλιεία, τουρισμός και βιομηχανία και υπολογίζονται οι αντίστοιχοι περιβαλλοντικοί, οικονομικοί και κοινωνικοί δείκτες, μεταξύ των οποίων η κατανάλωση νερού, η απασχόληση και εισόδημα.

Σύμφωνα με τη μεθοδολογία που αναπτύχθηκε, η δυνατότητα περαιτέρω ανάπτυξης στην περίπτωση του Σεναρίου 1 υπολογίστηκε ότι είναι 3%. Υπάρχει, λοιπόν, μια μικρή δυνατότητα περαιτέρω οικονομικής και κοινωνικής ανάπτυξης. Το ποσοστό κατανάλωσης νερού που υπολογίστηκε με βάση το μοντέλο για το Σενάριο 1 αγγίζει το 49,3% του νερού που κατεισδύει θέτοντας συγχρόνως και το όριο ασφαλείας.

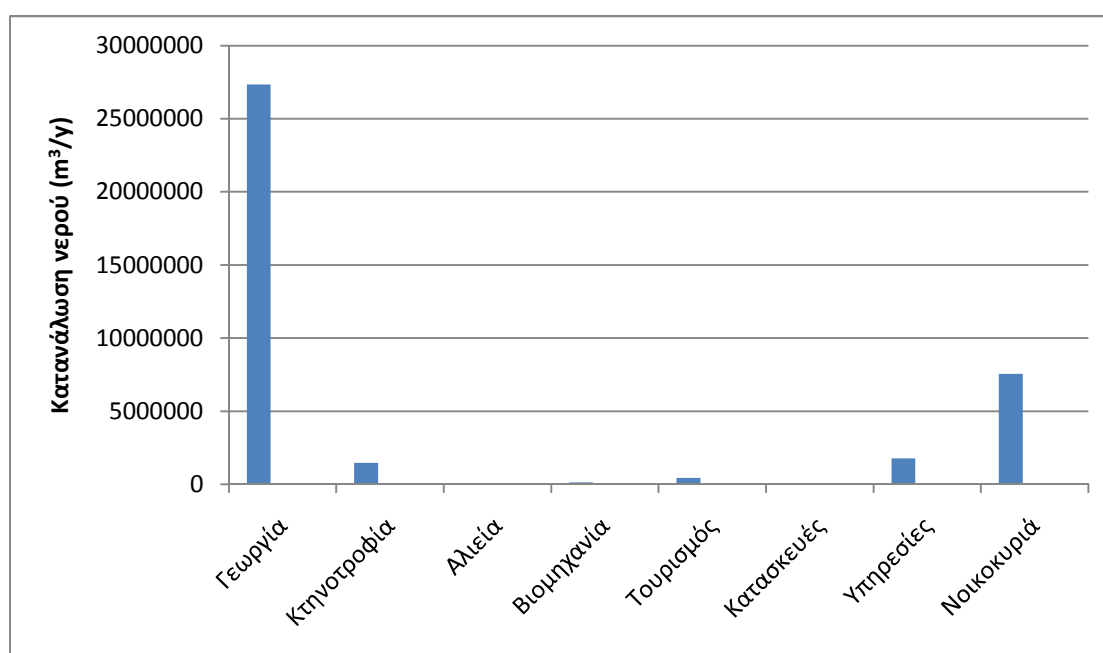
Το ετήσιο υδατικό ισοζύγιο για την περιοχή μελέτης για το σενάριο 1 παρουσιάζεται στον πίνακα 2.

Πίνακας 2: Ετήσιο Υδατικό ισοζύγιο Λέσβου για το σενάριο 1 σε hm^3 , όπως προέκυψε από το μοντέλο ΟΔΝΠ.

	Όγκος κατακρμνη- σμάτων V_P	Όγκος εξατμισο- διαπνοής V_E	Όγκος επιφανειακής απορροής V_R	Όγκος κατείδυσης V_I
Σενάριο 1	880	735	70	76

6.2.1 Κατανάλωση νερού

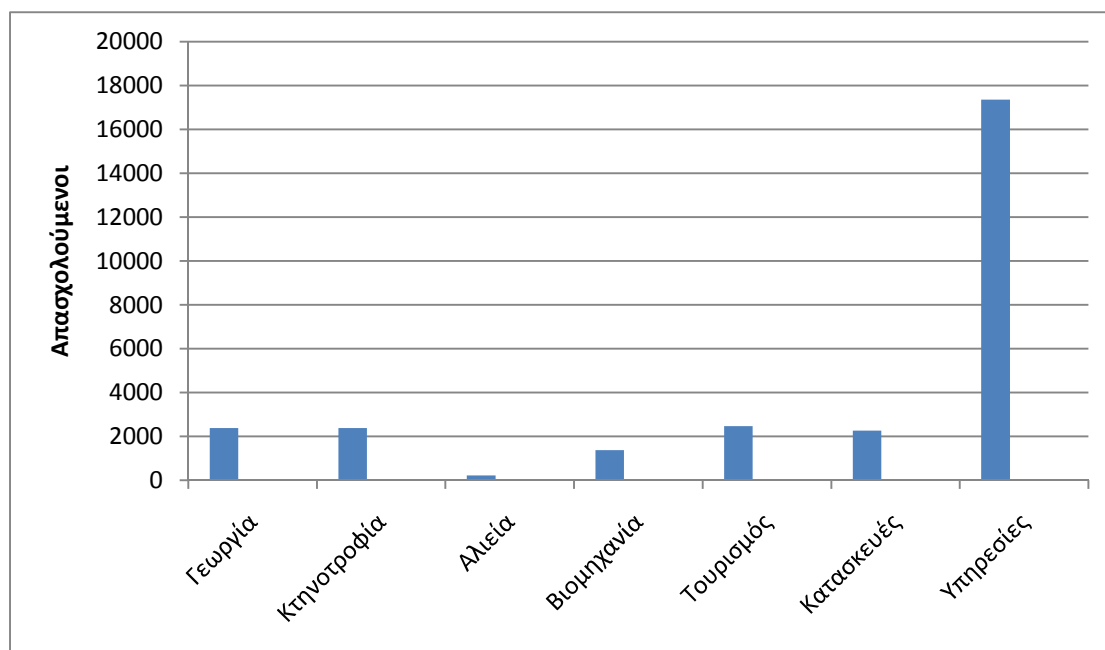
Η συνολική κατανάλωση νερού για τη στήριξη κοινωνικοοικονομικών δραστηριοτήτων στην περιοχή μελέτης, στην περίπτωση του Σεναρίου 1 είναι $37792598 m^3/y$. Υπάρχει αύξηση της συνολικής κατανάλωσης νερού σε σχέση με το έτος αναφοράς με ποσοστιαία μεταβολή 2%. Παρατηρείται ότι η γεωργία αποτελεί τον κυριότερο και σημαντικότερο καταναλωτή νερού. Δεύτερη σε ποσοστό στην κατανάλωση νερού έρχεται η οικιακή κατανάλωση ενώ ακολουθεί η κτηνοτροφία με τις υπηρεσίες. Οι υπόλοιπες οικονομικές δραστηριότητες συμμετέχουν στην κατανάλωση νερού με αρκετά μικρές τιμές (Διάγραμμα 4).



Διάγραμμα 4 Κατανάλωση νερού (m^3/y) ανά τομέα οικονομίας και νοικοκυριά για το Σενάριο 1, όπως προέκυψε από το μοντέλο ΟΔΝΠ.

6.2.2 Απασχόληση

Σε ότι αφορά τον πρωτογενή τομέα, δηλαδή γεωργία, κτηνοτροφία, αλιεία ο αριθμός των απασχολούμενων παρουσιάζουν μικρή αύξηση σε σχέση με το έτος αναφοράς. Το ίδιο συμβαίνει και με τους υπόλοιπους τομείς της οικονομίας με κυριότερο αυτό των Υπηρεσιών όπου ο αριθμός ανέρχεται στους 17354 απασχολούμενους. Ο συνολικός αριθμός των απασχολούμενων για την περιοχή μελέτης και για το Σενάριο 2 είναι 28467 με ποσοστιαία αυξητική μεταβολή 1,9% (Διάγραμμα 5).

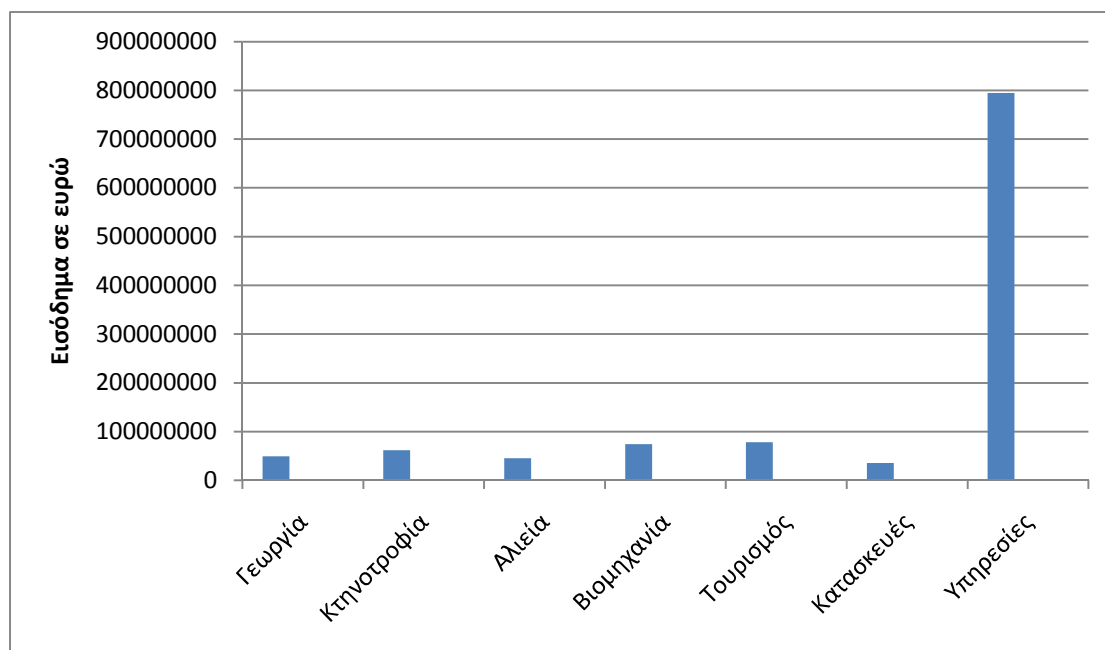


Διάγραμμα 5 Αριθμός απασχολούμενων ανά τομέα οικονομίας για το Σενάριο 1, όπως προέκυψε από το μοντέλο ΟΔΠΠ.

6.2.3 Εισόδημα

Σε ότι αφορά το εισόδημα για την περιοχή μελέτης η κύρια πηγή αυτής και στο Σενάριο 1 εξακολουθεί να αποτελεί ο τριτογενής τομέας καθώς σε αυτόν απασχολείται το μεγαλύτερο ποσοστό των εργαζομένων. Ο τουρισμός συμβάλλει

με ποσό 78095141 ευρώ ανά έτος, ενώ οι υπηρεσίες με ποσό 794549529 ευρώ ανά έτος, συνολικά δηλαδή για τον τριτογενή τομέα 872644670 ευρώ. Το υπόλοιπο ποσοστό του συνολικού εισοδήματος κατανέμεται στις υπόλοιπες οικονομικές δραστηριότητες. Το συνολικό ετήσιο εισόδημα είναι 1159770341 ευρώ ελαφρώς αυξημένο (Διάγραμμα 6).



Διάγραμμα 6 Συνολικό Εισόδημα Απασχολούμενων ανά τομέα οικονομίας (σε ευρώ) για το Σενάριο 1, όπως προέκυψε από το μοντέλο ΟΔΝΠ.

6.3 ΣΕΝΑΡΙΟ 2 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΕ ΟΡΙΟ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ 50% ΣΤΟ ΔΙΑΘΕΣΙΜΟ ΝΕΡΟ ΚΑΙ 30% ΑΝΑΣΧΕΣΗΣ ΝΕΡΟΥ ΠΟΥ ΑΠΟΡΡΕΕΙ

Στο σενάριο αυτό πέραν του ορίου ασφαλείας που εξακολουθεί να ισχύει, τίθεται και η υπόθεση της δυνατότητας ανάσχεσης του 30% του νερού που απορρέει. Αυτό μπορεί να γίνει με την κατασκευή φραγμάτων ανάσχεσης και ταμιευτήρων μικρής κλίμακας προκειμένου να εμπλουτιστεί ο υδροφόρος ορίζοντας. Ταυτόχρονα παρέχεται προστασία των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων από πλημμύρες. Το όριο του 30% ανάσχεσης τέθηκε λαμβάνοντας υπόψη την ευθραυστότητα των οικοσυστημάτων της περιοχής μελέτης, μεγάλης οικολογικής αξίας υγροτοπικά οικοσυστήματα.

Η δυνατότητα περαιτέρω ανάπτυξης στην περίπτωση του Σεναρίου 2 υπολογίστηκε ότι επιτρέπει ανάπτυξη 31%. Διαφαίνεται ότι υπάρχει δυνατότητα περαιτέρω οικονομικής και κοινωνικής ανάπτυξης σε μεγάλο ποσοστό στην περίπτωση που γίνεται ανάσχεση του νερού που απορρέει. Το ποσοστό κατανάλωσης νερού που υπολογίστηκε με βάση το μοντέλο για το Σενάριο 2 αγγίζει το 49,3% του νερού που κατεισδύει εξασφαλίζοντας συγχρόνως και το όριο ασφαλείας όπως και στο προηγούμενο σενάριο.

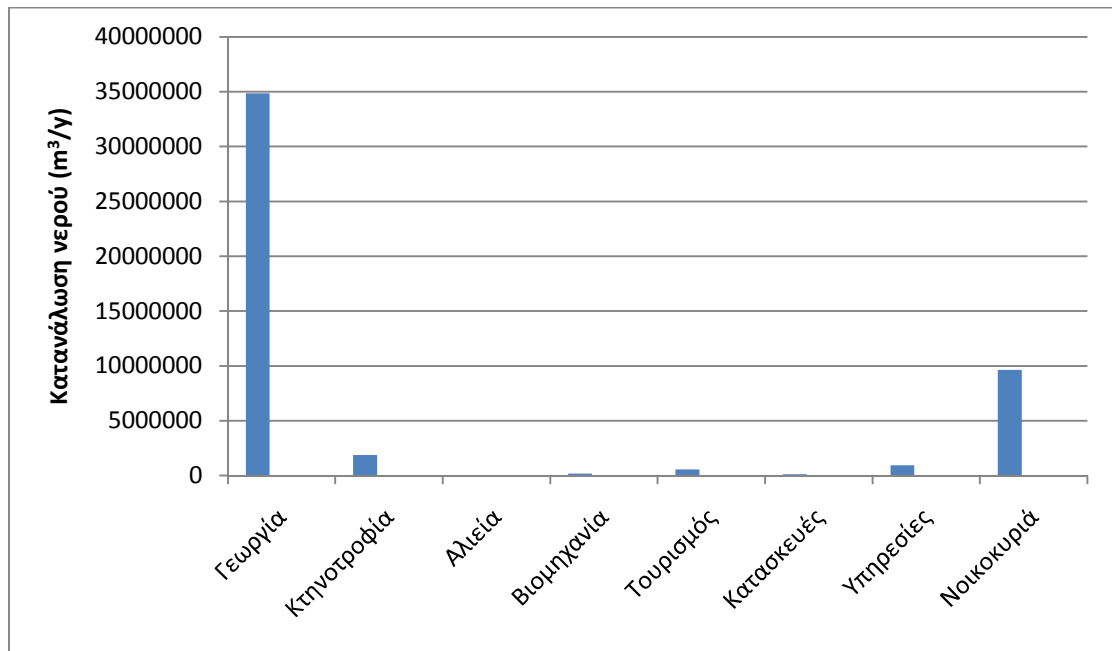
Το ετήσιο υδατικό ισοζύγιο για την περιοχή μελέτης για το σενάριο 2 παρουσιάζεται στον πίνακα 3.

Πίνακας 3: Ετήσιο Υδατικό ισοζύγιο Λέσβου για το σενάριο 2 σε hm^3 , όπως προέκυψε από το μοντέλο ΟΔΝΠ.

	Όγκος κατακριμνη- σμάτων V_p	Όγκος εξατμισο- Διαπνοής V_E	Όγκος επιφανειακής απορροής V_R	Όγκος κατει- σδυσης V_I	Όγκος ανάσχεσης V_{extra}
Σενάριο 2	880	735	49	76	21

6.3.1 Κατανάλωση νερού

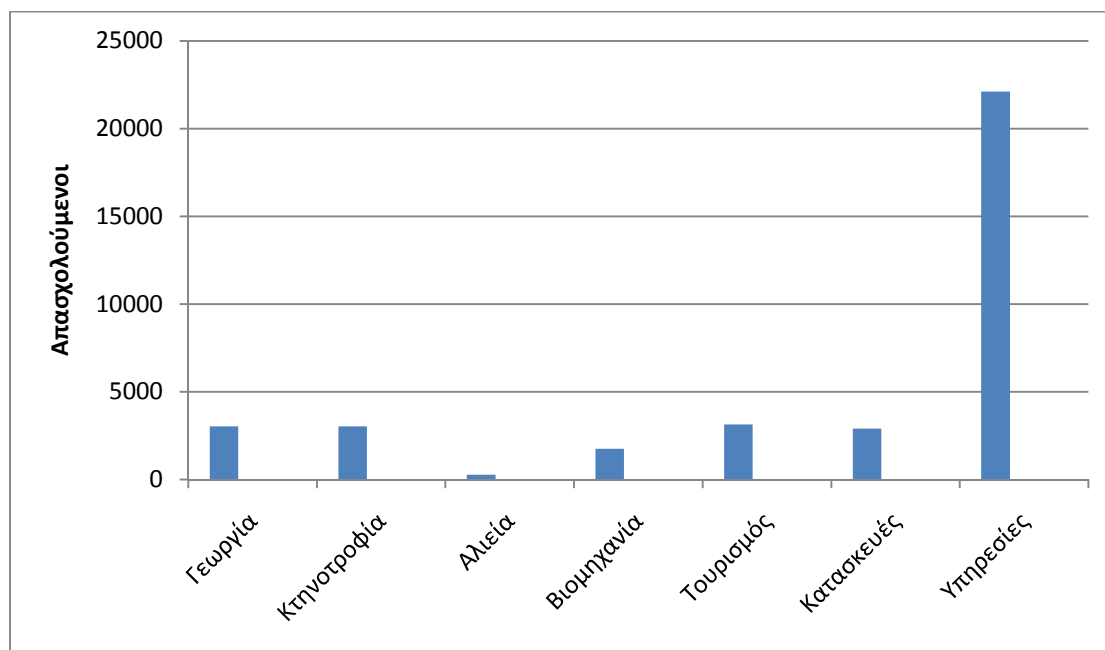
Η συνολική κατανάλωση νερού για τη στήριξη κοινωνικοοικονομικών δραστηριοτήτων στην περιοχή μελέτης, στην περίπτωση του Σεναρίου 2 είναι $48167037 m^3/y$, με ποσοστιαία αυξητική μεταβολή 30% σε σχέση με το έτος αναφοράς. Παρατηρείται ότι η γεωργία και στην περίπτωση αυτή αποτελεί τον κυριότερο και σημαντικότερο καταναλωτή νερού, με ποσοστό 72% της συνολικής κατανάλωσης και ποσό $34811170 m^3/y$. Δεύτερη στην κατανάλωση νερού έρχεται η οικιακή κατανάλωση με ενώ στη συνέχεια έπεται η κτηνοτροφία. Οι υπόλοιπες οικονομικές δραστηριότητες με μικρή εξαίρεση αυτή των υπηρεσιών και του τουρισμού έχουν σχεδόν μηδενική συμμετοχή στην κατανάλωση νερού. (Διάγραμμα 7).



Διάγραμμα 7 Κατανάλωση νερού (m³/γ) ανά τομέα οικονομίας και νοικοκυριά για το Σενάριο 2, όπως προέκυψε από το μοντέλο ΟΔΝΠ.

6.3.2 Απασχόληση

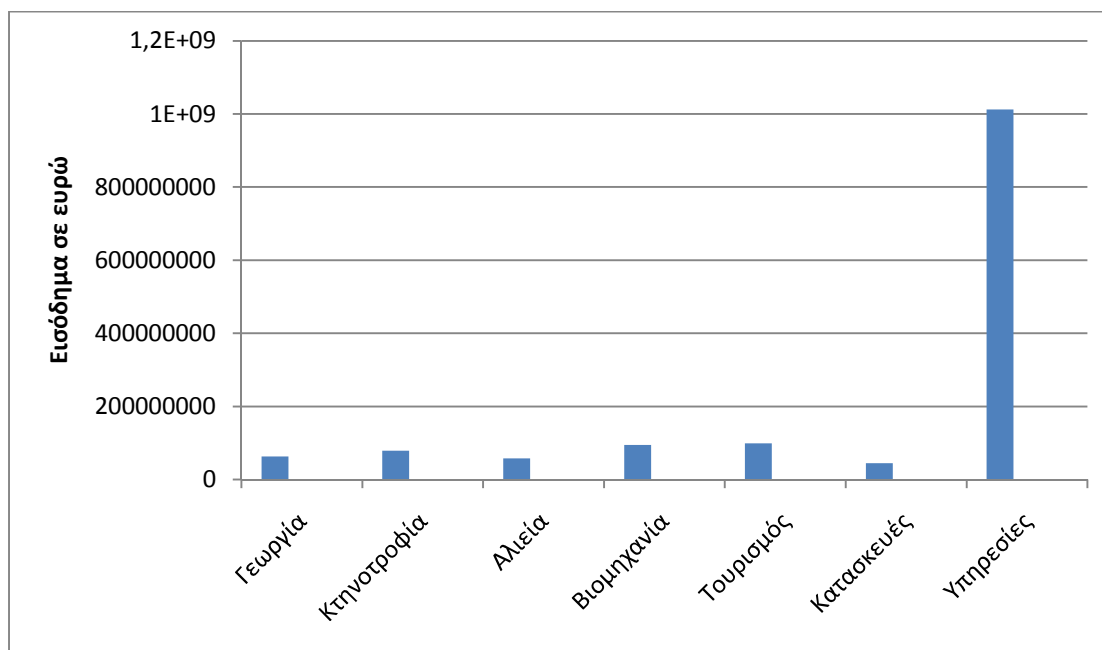
Και στο Σενάριο αυτό παρατηρείται ότι ο τριτογενής τομέας οικονομίας στην περιοχή μελέτης κατέχει τους περισσότερους απασχολούμενους με 22119 στις Υπηρεσίες και 3153 στον Τουρισμό. Έπονται οι υπόλοιποι παραγωγικοί τομείς που όμως και αυτοί παρουσιάζουν σημαντική αύξηση. Ο συνολικός αριθμός όμως των εργαζομένων παρουσιάζει μεγάλη αύξηση και ανέρχεται στους 36282 και ποσοστιαία μεταβολή 30% σε σχέση με το έτος αναφοράς(Διάγραμμα 8).



Διάγραμμα 8 Αριθμός απασχολούμενων ανά τομέα οικονομίας για το Σενάριο 2, όπως προέκυψε από το μοντέλο ΟΔΝΠ.

6.3.3 Εισόδημα

Και στην περίπτωση του Σεναρίου 2 το συνολικό εισόδημα για την περιοχή μελέτης η κύρια πηγή αυτής, εξακολουθεί να αποτελεί ο τριτογενής τομέας καθώς σε αυτόν απασχολείται το μεγαλύτερο ποσοστό των εργαζομένων. Ο τουρισμός συμβάλλει με ποσό 99533023 ευρώ ανά έτος, ενώ οι υπηρεσίες με ποσό 1012661164 ευρώ ανά έτος, συνολικά δηλαδή για τον τριτογενή τομέα 1112194187 ευρώ, παρουσιάζοντας σημαντική αύξηση. Το υπόλοιπο του συνολικού εισοδήματος κατανέμεται στις υπόλοιπες οικονομικές δραστηριότητες (Διάγραμμα 9).



Διάγραμμα 9 Συνολικό Εισόδημα Απασχολούμενων ανά τομέα οικονομίας (σε ευρώ) για το Σενάριο 2, όπως προέκυψε από το μοντέλο ΟΔΝΠ.

6.4 ΣΕΝΑΡΙΟ 3 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΕ ΟΡΙΟ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ 50% ΣΤΟ ΔΙΑΘΕΣΙΜΟ ΝΕΡΟ ΣΕ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ

Στο Σενάριο αυτό λαμβάνεται υπόψη το ζήτημα της κλιματικής αλλαγής που σύμφωνα με μελέτες θεωρείται ότι επίκειται να συμβεί στην Ανατολική Μεσόγειο αλλά και σε παγκόσμιο επίπεδο. Συγκεκριμένα θεωρήθηκε συμπεριλήφθηκε στη μεθοδολογία μείωση του ετήσιου ύψους βροχόπτωσης και αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα κατά 10% αντιστοίχως.

Σύμφωνα με τη μεθοδολογία που αναπτύχθηκε στο σενάριο 3, η οικονομία της περιοχής υφίσταται συρρίκνωση κατά 58% σε σχέση με το έτος αναφοράς. Διαφαίνεται λοιπόν, ότι όταν στο σενάριο όπου υπεισέρχεται ο παράγοντας της κλιματικής αλλαγής η διαθεσιμότητα υδατικών πόρων για την κάλυψη κοινωνικοοικονομικών δραστηριοτήτων παίζει ακόμη πιο σημαντικό ρόλο. Το ποσοστό κατανάλωσης νερού που υπολογίστηκε με βάση το μοντέλο για το Σενάριο 3 αγγίζει το 48,9% του νερού που κατεισδύει θέτοντας πάντα το όριο ασφαλείας 50%.

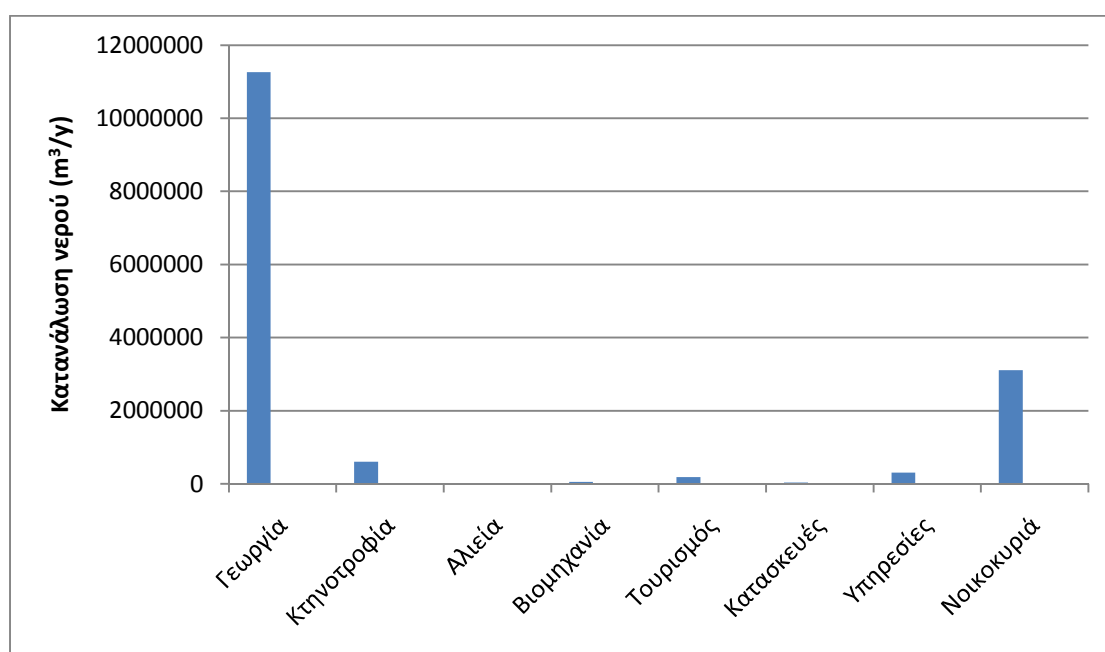
Το ετήσιο υδατικό ισοζύγιο για την περιοχή μελέτης και για το σενάριο 3 παρουσιάζεται στον πίνακα 4.

Πίνακας 4: Ετήσιο Υδατικό ισοζύγιο Λέσβου για το σενάριο 3 σε hm^3 , όπως προέκυψε από το μοντέλο ΟΔΝΠ.

	Όγκος κατακρμνη- σμάτων V_P	Όγκος εξατμισο- διαπνοής V_E	Όγκος επιφανειακής απορροής V_R	Όγκος κατείδυσης V_I
Σενάριο 3	792	705	55	32

6.4.1 Κατανάλωση νερού

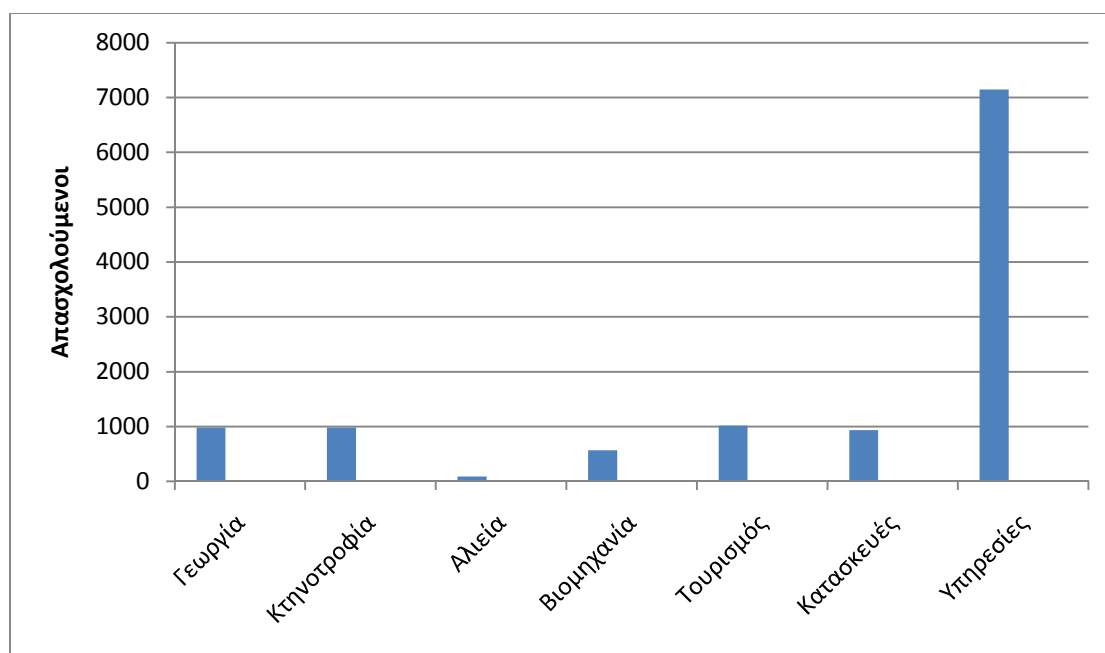
Η συνολική κατανάλωση νερού για τη στήριξη κοινωνικοοικονομικών δραστηριοτήτων στην περιοχή μελέτης, στην περίπτωση του Σεναρίου 3 είναι $15561658 m^3/y$, με ποσοστιαία μείωση 58% σε σχέση με το έτος αναφοράς. Παρατηρείται ότι η γεωργία και στην περίπτωση αυτή αποτελεί τον κυριότερο και σημαντικότερο καταναλωτή νερού, με ποσοστό 72% της συνολικής κατανάλωσης και ποσό $11256378 m^3/y$. Δεύτερη στην κατανάλωση νερού έρχεται η οικιακή κατανάλωση με ενώ στη συνέχεια έπεται η κτηνοτροφία. Οι υπόλοιπες οικονομικές δραστηριότητες με μικρή εξαίρεση αυτή των υπηρεσιών και του τουρισμού έχουν σχεδόν μηδενική συμμετοχή στην κατανάλωση νερού. (Διάγραμμα 10).



Διάγραμμα 10 Κατανάλωση νερού ανά τομέα οικονομίας και νοικοκυριά για το Σενάριο 3, όπως προέκυψε από το μοντέλο ΟΔΝΠ.

6.4.2 Απασχόληση

Στο Σενάριο 3 όπου υπεισέρχεται ο παράγοντας της κλιματικής αλλαγής παρατηρείται ότι ο τριτογενής τομέας οικονομίας στην περιοχή μελέτης εξακολουθεί να κατέχει τους περισσότερους απασχολούμενους με 7146 στις Υπηρεσίες και 1019 στον Τουρισμό. Αξιοσημείωτο δε αποτελεί το γεγονός ότι αριθμός παρουσιάζει σημαντική ποσοστιαία μείωση της τάξης του 58% σε σχέση με το έτος αναφοράς. Και στους υπόλοιπους παραγωγικούς παρουσιάζεται σημαντική μείωση των απασχολούμενων. Συνολικά ο αριθμός των απασχολούμενων ανέρχεται στους 11722 (Διάγραμμα 11).

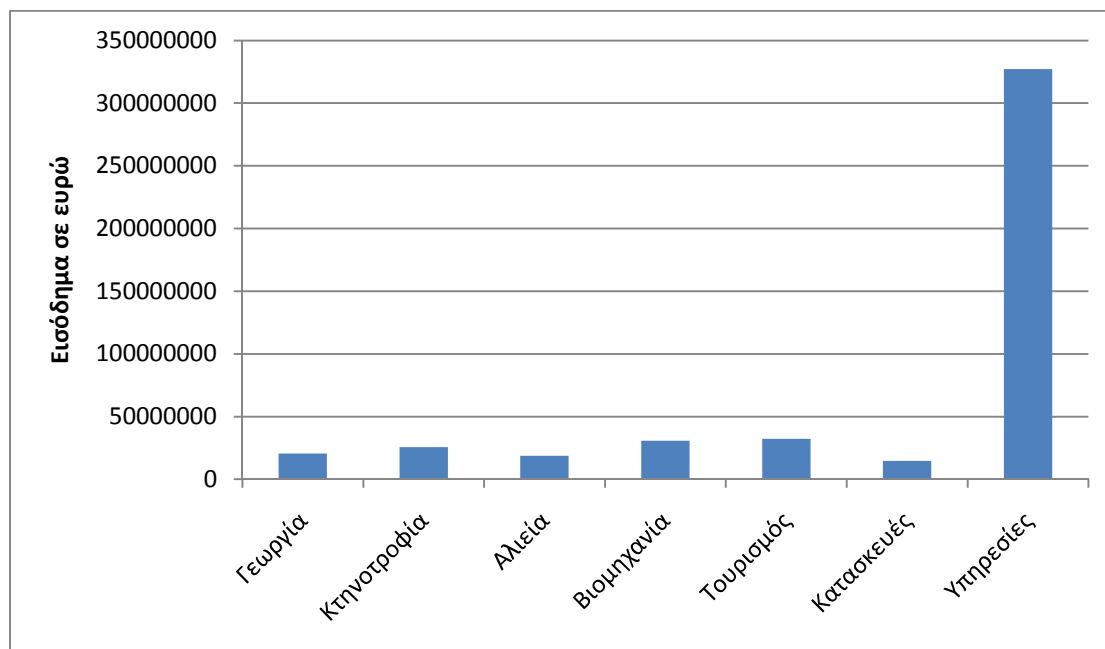


Διάγραμμα 11 Αριθμός απασχολούμενων ανά τομέα οικονομίας για το Σενάριο 3, όπως προέκυψε από το μοντέλο ΟΔΝΠ.

6.4.3 Εισόδημα

Στην περίπτωση του σεναρίου 3, παρατηρείται σημαντική μείωση του συνολικού εισοδήματος των απασχολούμενων σε όλους τους οικονομικούς τομείς της περιοχής μελέτης. Το συνολικό εισόδημα στο σενάριο αυτό ανέρχεται στα 488920870 μειωμένο σε σημαντικό βαθμό σε σχέση με το έτος αναφοράς. Όπως και στα προηγούμενα σενάρια ο τριτογενής τομέας οικονομίας κατέχει το υψηλότερο

συνολικό εισόδημα αφού εξακολουθεί να κατέχει και το μεγαλύτερο αριθμό απασχολούμενων, ενώ ακολουθεί η βιομηχανία, η κτηνοτροφία, γεωργία, αλιεία και κατασκευές (Διάγραμμα 12).



Διάγραμμα 12 Συνολικό Εισόδημα Απασχολούμενων ανά τομέα οικονομίας (σε ευρώ) για το Σενάριο 3, όπως προέκυψε από το μοντέλο ΟΔΝΠ.

6.5 ΣΕΝΑΡΙΟ 4 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΕ ΟΡΙΟ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ 50% ΣΤΟ ΔΙΑΘΕΣΙΜΟ ΝΕΡΟ ΚΑΙ 30% ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΑΝΑΣΧΕΣΗΣ ΝΕΡΟΥ ΠΟΥ ΑΠΟΡΡΕΙ ΣΕ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ

Το σενάριο αυτό ουσιαστικά αποτελεί αναγωγή του σεναρίου 2 σε συνθήκες κλιματικής αλλαγής.

Σύμφωνα με τη μεθοδολογία που αναπτύχθηκε στο σενάριο 3, η οικονομία της περιοχής υφίσταται συρρίκνωση κατά 35% σε σχέση με το έτος αναφοράς. Διαφαίνεται λοιπόν, ότι ακόμη και στο σενάριο που θεωρούμε ότι υπάρχει δυνατότητα ανάσχεσης 30% του νερού που απορρέει, όταν υπεισέρχεται ο παράγοντας της κλιματικής αλλαγής υπάρχει μείωση της οικονομικής κλίμακας. Το ποσοστό κατανάλωσης νερού που υπολογίστηκε με βάση το μοντέλο για το σενάριο 4 αγγίζει το 49,9% του νερού που κατεισδύει, θέτοντας και σε αυτή τη περίπτωση το όριο ασφαλείας του 50%.

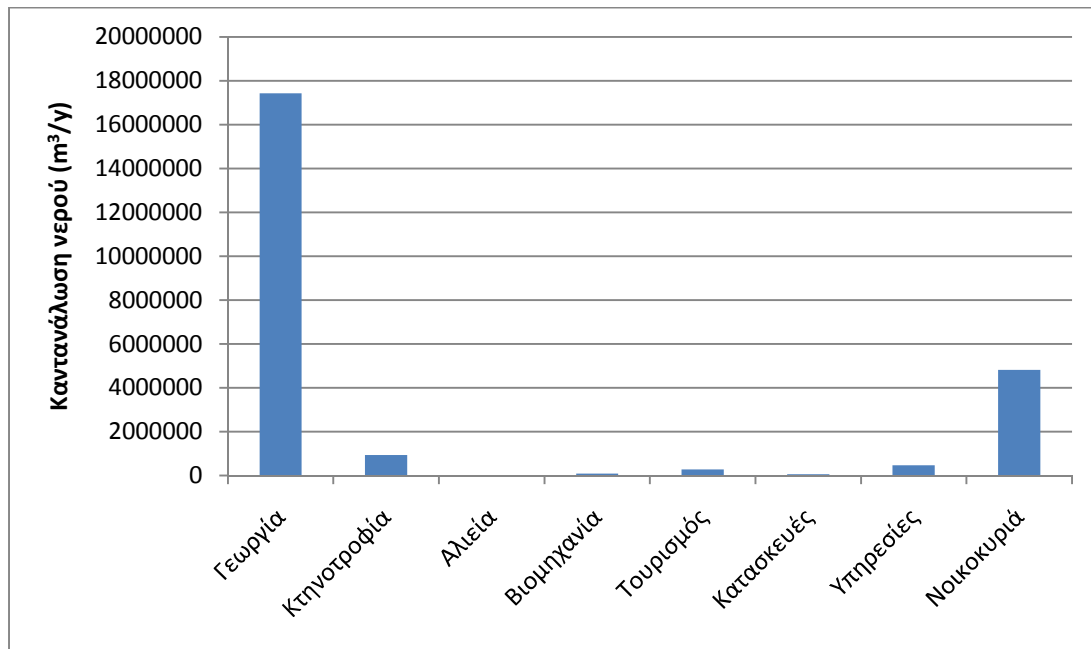
Το ετήσιο υδατικό ισοζύγιο για την περιοχή μελέτης για το σενάριο 4 παρουσιάζεται στον πίνακα 5.

Πίνακας 5: Ετήσιο Υδατικό ισοζύγιο Λέσβου για το σενάριο 4 σε hm^3 , όπως προέκυψε από το μοντέλο ΟΔΝΠ.

	Όγκος κατακριμνη- σμάτων V_P	Όγκος εξατμισο- Διαπνοής V_E	Όγκος επιφανειακής απορροής V_R	Όγκος κατει- σδυσης V_I	Όγκος ανάσχεσης V_{extra}
Σενάριο 4	792	705	39	32	16

6.5.1 Κατανάλωση νερού

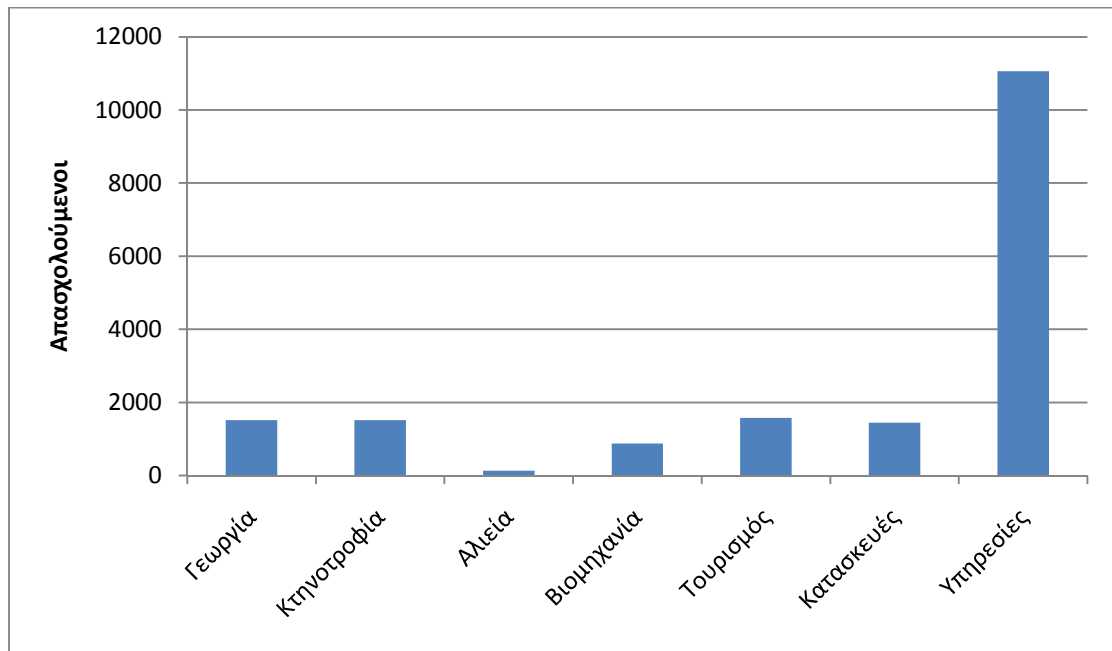
Η συνολική κατανάλωση νερού για τη στήριξη κοινωνικοοικονομικών δραστηριοτήτων στην περιοχή μελέτης, στην περίπτωση του Σεναρίου 4 είναι $24083519 m^3/y$, με ποσοστιαία μείωση 35 % σε σχέση με το έτος αναφοράς. Παρατηρείται ότι και στο σενάριο αυτό, όπως και στα προηγούμενα η γεωργία αποτελεί τον κυριότερο και σημαντικότερο καταναλωτή νερού, με ποσοστό 72% της συνολικής κατανάλωσης και ποσό $17420585 m^3/y$. Δεύτερη στην κατανάλωση νερού έρχεται η οικιακή κατανάλωση με ενώ στη συνέχεια έπεται η κτηνοτροφία. Οι υπόλοιπες οικονομικές δραστηριότητες με μικρή εξαίρεση αυτή των υπηρεσιών και του τουρισμού έχουν σχεδόν μηδενική συμμετοχή στην κατανάλωση νερού (Διάγραμμα 13).



Διάγραμμα 13 Κατανάλωση νερού ανά τομέα οικονομίας και νοικοκυριά για το Σενάριο 4, όπως προέκυψε από το μοντέλο ΟΔΝΠ.

6.5.2 Απασχόληση

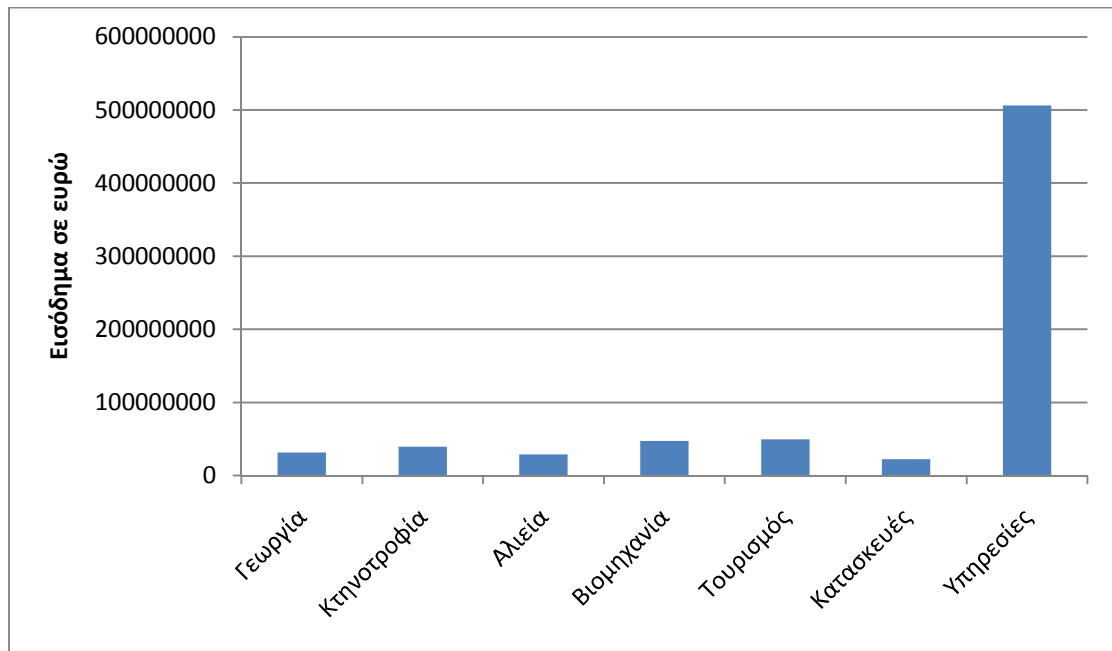
Και στο σενάριο αυτό παρατηρείται ότι ο τριτογενής τομέας οικονομίας στην περιοχή μελέτης εξακολουθεί να κατέχει τους περισσότερους απασχολούμενους με συνολικά 12635, εκ των οποίων 11059 βρίσκονται στον τομέα των Υπηρεσιών και είναι 1576 στον τομέα του Τουρισμού. Παρατηρείται ότι υπάρχει σημαντική μείωση στον αριθμό απασχολούμενων σε σχέση με το έτος αναφοράς. Και στους υπόλοιπους παραγωγικούς παρουσιάζεται σημαντική μείωση των απασχολούμενων. Συνολικά ο αριθμός των απασχολούμενων ανέρχεται στους 18141 (Διάγραμμα 14).



Διάγραμμα 14 Αριθμός απασχολούμενων ανά τομέα οικονομίας για το Σενάριο 4, όπως προέκυψε από το μοντέλο ΟΔΠΠ.

6.5.3 Εισόδημα

Στην περίπτωση του σεναρίου 4, παρατηρείται μείωση του συνολικού εισοδήματος των απασχολούμενων σε όλους τους οικονομικούς τομείς της περιοχής μελέτης, αν και μικρότερη σε σχέση με το σενάριο 4. Το συνολικό εισόδημα στο σενάριο αυτό ανέρχεται στα 746079834 ευρώ σημαντικά μειωμένο σε σχέση με το έτος αναφοράς. Όπως και στα προηγούμενα σενάρια ο τριτογενής τομέας οικονομίας κατέχει το υψηλότερο συνολικό εισόδημα αφού εξακολουθεί να κατέχει και το μεγαλύτερο αριθμό απασχολούμενων, ενώ ακολουθεί η βιομηχανία, η κτηνοτροφία, γεωργία, αλιεία και κατασκευές (Διάγραμμα 15).



Διάγραμμα 15 Συνολικό Εισόδημα Απασχολούμενων ανά τομέα οικονομίας (σε ευρώ) για το Σενάριο 3, όπως προέκυψε από το μοντέλο ΟΔΝΠ.

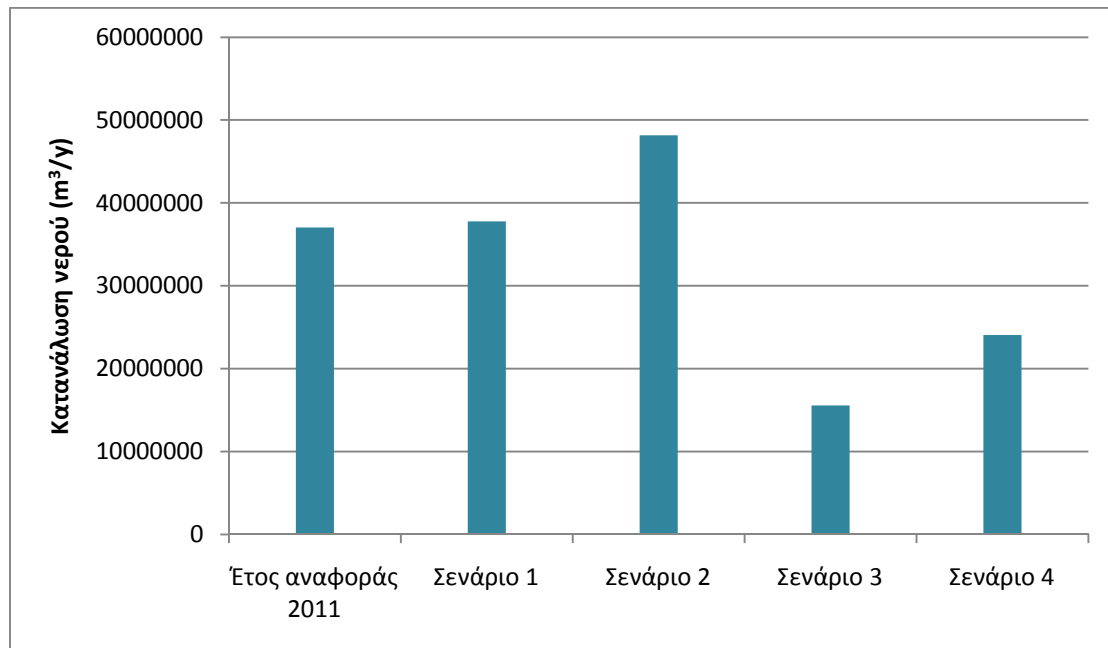
6.6 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΚΑΙ ΕΤΟΥΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ

Επιλέχθηκε να γίνει σύγκριση των τεσσάρων σεναρίων και του έτους αναφοράς 2011 στην κατανάλωση νερού, στην απασχόληση, στο εισόδημα, στην απώλεια βιοποικιλότητας, στο ποσοστό κατανάλωσης νερού σε σχέση με το νερό που κατεισδύει και στον πληθυσμό. Οι δείκτες αυτοί επιλέγηκαν καθώς αποτυπώνουν τη οικονομική δραστηριότητα, την κοινωνική ευημερία και την περιβαλλοντική πίεση που απορρέει από τις κοινωνικοοικονομικές δραστηριότητες. Επιπλέον γίνεται σύγκριση της κατανάλωσης νερού, της απασχόλησης και του εισοδήματος ανά σενάριο και έτος αναφοράς και ανά παραγωγικό τομέα.

6.6.1 Κατανάλωση νερού

Παρατηρείται ότι η μεγαλύτερη κατανάλωση νερού παρουσιάζεται στο σενάριο 2 καθώς υπάρχει και αυξημένη διαθεσιμότητα, λόγω της δυνατότητας ανάσχεσης του 30% νερού που απορρέει. Και στο έτος αναφοράς (2011) αλλά και στο σενάριο 1 - κατανάλωση νερού έως το ποσοστό του 50% του νερού που κατεισδύει – η κατανάλωση νερού είναι σημαντική. Στα σενάρια 3 και 4 όπου υπεισέρχεται ο

παράγοντας της κλιματικής αλλαγής η κατανάλωση του νερού μειώνεται σε δραματικό βαθμό, λόγω έλλειψης διαθεσιμότητας. Στο σενάριο 4, όπου πραγματοποιείται ανάσχεση 30% του νερού που απορρέει παρουσιάζεται μικρή αύξηση σε σχέση με το σενάριο 3, παρόλα αυτά εξακολουθεί να είναι πολύ μικρότερη σε σχέση με τα σενάρια όπου δεν υπεισέρχεται ο παράγοντας της κλιματικής αλλαγής (Διάγραμμα 16).

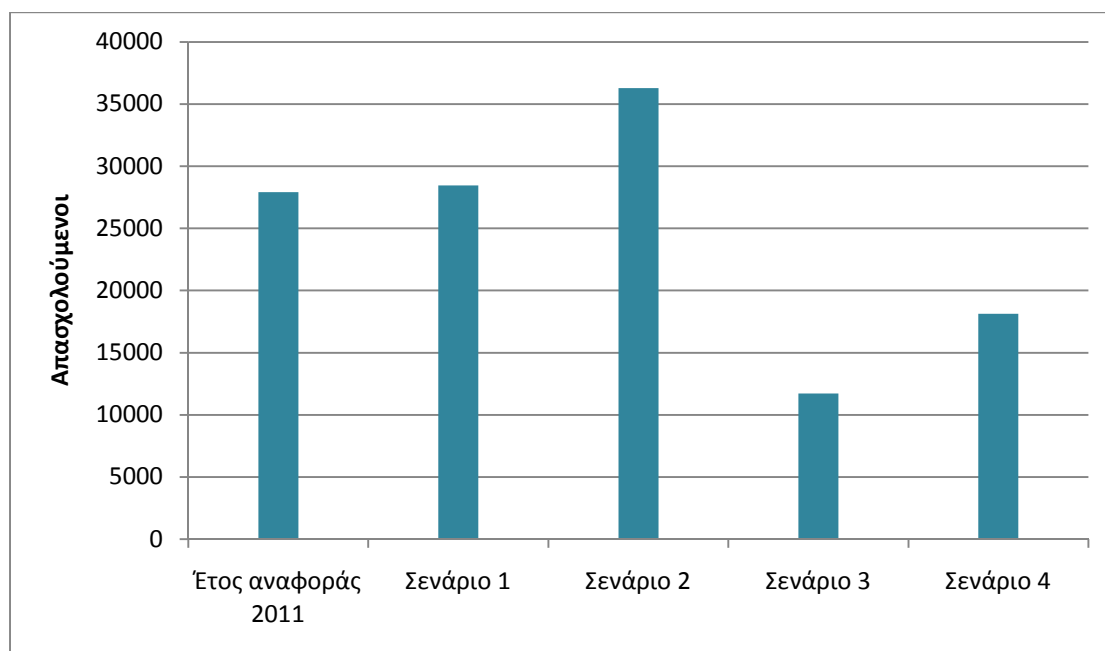


Διάγραμμα 16 Συνολική κατανάλωση νερού για το έτος αναφοράς και τα Σενάρια 1 2 3 και 4, όπως προέκυψε από το μοντέλο ΟΔΝΠ.

6.6.2 Απασχόληση

Παρατηρείται ότι στο Σενάριο 2 παρουσιάζεται η μεγαλύτερη αύξηση στον συνολικό αριθμό απασχολούμενων με ποσοστιαία μεταβολή της τάξης του 30% σε σχέση με το έτος αναφοράς. Καθώς δίδεται η δυνατότητα χρήσης μεγαλύτερης ποσότητας νερού μεγεθύνεται η οικονομία με αποτέλεσμα την αύξηση του αριθμού των εργαζομένων. Στα σενάρια όπου υπεισέρχεται ο παράγοντας της κλιματικής αλλαγής παρατηρείται μεγάλη μείωση στο συνολικό αριθμό των εργαζομένων, με αντίστοιχη απώλεια θέσεων εργασίας. Για παράδειγμα η απώλεια θέσεων εργασίας

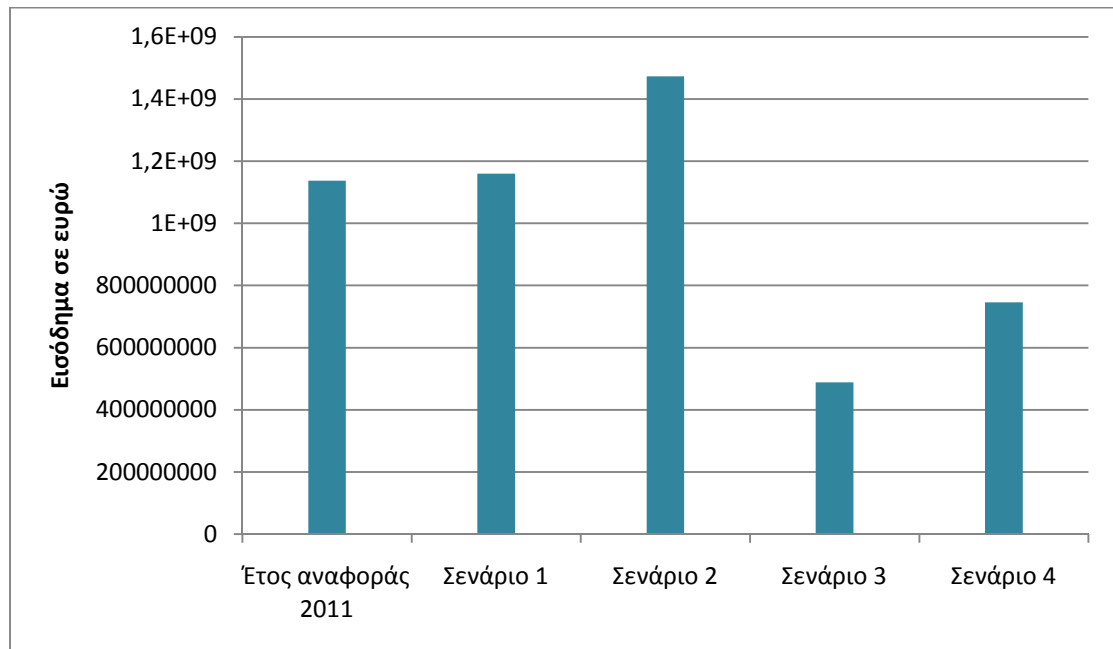
συγκρίνοντας τα σενάρια 2 και 3 είναι 24560 με ποσοστιαία μείωση της τάξης του 68% (Διάγραμμα 17).



Διάγραμμα 17 Συνολικός αριθμός απασχολούμενων για το έτος αναφοράς και τα Σενάρια 1 2 3 και 4, όπως προέκυψε από το μοντέλο ΟΔΝΠ.

6.6.3 Εισόδημα

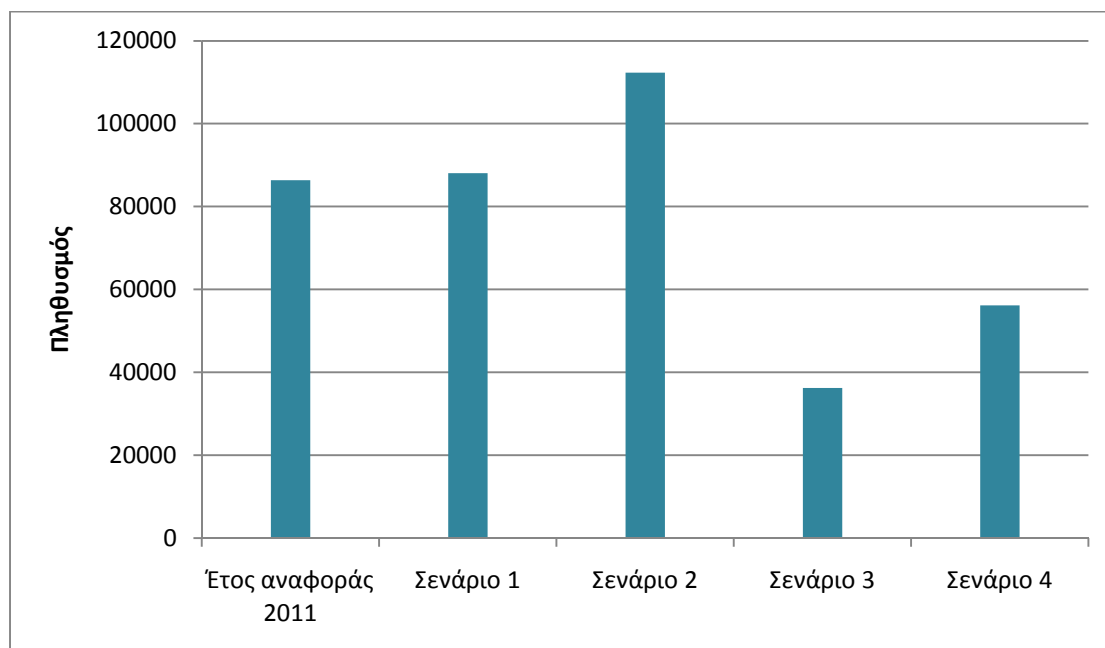
Και σε ότι αφορά το συνολικό εισόδημα των απασχολούμενων παρατηρείται το ίδιο μοτίβο. Στο σενάριο 2 παρουσιάζεται η μεγαλύτερη αύξηση στο συνολικό εισόδημα με ποσοστιαία μεταβολή 30% σε σχέση με το έτος αναφοράς. Στα σενάρια 3 και 4, που λαμβάνουν υπόψη τον παράγοντα της κλιματικής αλλαγής η μείωση του συνολικού εισοδήματος είναι αρκετά σημαντική σε σχέση με το έτος αναφοράς με ποσοστιαία αρνητική μεταβολή 58% και 35% αντίστοιχα (Διάγραμμα 18).



Διάγραμμα 18 Συνολικό Εισόδημα Απασχολούμενων για το έτος αναφοράς και τα Σενάρια 1 2 3 και 4, όπως προέκυψε από το μοντέλο ΟΔΝΠ.

6.6.4 Πληθυσμός

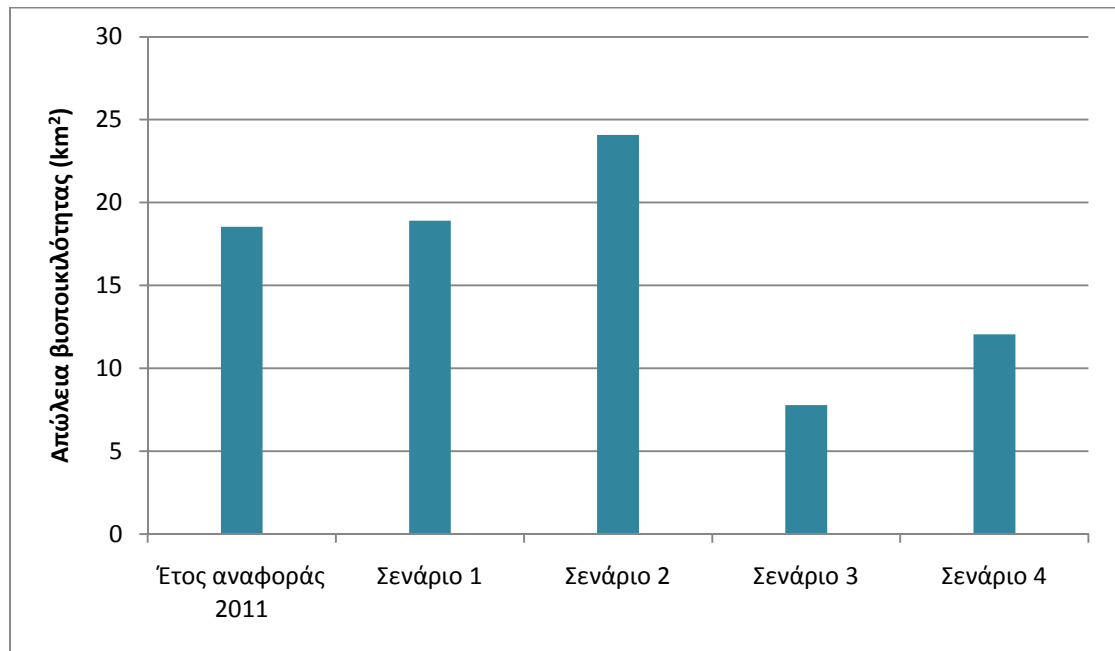
Στο σενάριο 2, όπου θεωρείται ότι υπάρχει δυνατότητα ανάσχεσης του 30% του νερού που απορρέει, ο πληθυσμός παρουσιάζει μεγάλη αύξηση σε σχέση με το έτος αναφοράς και ανέρχεται στους 112285 κατοίκους και ποσοστιαία αύξηση 30%, απόρροια της οικονομικής ανάπτυξης. Αντίθετα στα σενάρια 3 και 4, όπου λαμβάνεται υπόψη ο παράγοντας της κλιματικής αλλαγής υπάρχει συρρίκνωση του πληθυσμού σημαντική συρρίκνωση, σε σχέση με το έτος αναφοράς (Διάγραμμα 19).



Διάγραμμα 19 Συνολικός πληθυσμός για το έτος αναφοράς και τα Σενάρια 1 2 3 και 4, όπως προέκυψε από το μοντέλο ΟΔΝΠ.

6.6.5 Απώλεια Βιοποικιλότητας

Με το δείκτη αυτό αποτυπώνεται η κατάσταση του φυσικού περιβάλλοντος για το έτος αναφοράς και τα σενάρια που αναπτύσσονται, ως επακόλουθο των κοινωνικοοικονομικών δραστηριοτήτων. Παρατηρείται ότι στο σενάριο 2, όπου υπάρχει η υψηλότερη διαθεσιμότητα νερού και επομένως υψηλή κοινωνικοοικονομική ανάπτυξη αντιστοίχως υπάρχει και η μεγαλύτερη απώλεια βιοποικιλότητας. Αντίθετα όπου εμφανίζεται συρρίκνωση της κοινωνικοοικονομικής δραστηριότητας, όπως στα σενάρια 3 και 4, η απώλεια βιοποικιλότητας είναι μικρότερη (Διάγραμμα 20).



Διάγραμμα 20 Απώλεια Βιοποικιλότητας για το έτος αναφοράς και τα Σενάρια 1 2 3 και 4, όπως προέκυψε από το μοντέλο ΟΔΝΠ.

7. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την παρούσα εργασία προέκυψαν τα παρακάτω συμπεράσματα:

- Σε ότι αφορά την έρευνα για την Φέρουσα Ικανότητα εγείρονται αρκετοί και σημαντικοί προβληματισμοί σχετικά με τον προσδιορισμό της και τον καθορισμό της. Ο πολυσχιδής χαρακτήρας αυτής καθώς και το πλήθος, συχνά αλληλοεπηρεαζόμενων παραμέτρων, οι οποίοι θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τη διαδικασία προσδιορισμού της, την καθιστούν έννοια δύσκολη. Επίσης όταν και όπου υπεισέρχεται ο παράγοντας άνθρωπος, ο προσδιορισμός της Φέρουσας Ικανότητας δυσχεραίνει ακόμη περισσότερο, καθώς το ανθρώπινο είδος μπορεί σε σύντομο χρονικό διάστημα να μεταβάλλει το περιβάλλον του, τις διατροφικές συνήθειες, τις καταναλωτικές του συνήθειες, την πολιτισμική του κουλτούρα κ.ά., οι οποίοι

αποτελούν παράγοντες που επηρεάζουν τον καθορισμό της. Το γεγονός των εγγενών δυσκολιών στον προσδιορισμό και καθορισμό της Φέρουσας Ικανότητας, όμως δεν θα πρέπει αποτελέσει εμπόδιο στη συνέχιση της έρευνας στο πεδίο αυτό.

- Είναι εφικτή η ενσωμάτωση της έννοιας της Φέρουσας Ικανότητας σε ποσοτικά εργαλεία Ολοκληρωμένης Διαχείρισης της Παράκτιας Ζώνης ή του Νησιωτικού Περιβάλλοντος. Η ενσωμάτωση αυτή είναι δυνατό να αφορά περισσότερους από έναν δείκτες, με τελικό αποτέλεσμα μια μεθοδολογία υπό συνθήκες (constrained optimization). Ενδεικτικά άλλοι δείκτες που μπορούν να ενσωματωθούν είναι η κατανάλωση ενέργειας, απώλεια βιοποικιλότητας, ρύπανση, διαθεσιμότητα χώρου κ.ά.
- Πιο συγκριμένα σε ότι αφορά την έρευνα της Φέρουσας Ικανότητας Υδατικών Πόρων η μεθοδολογία δύναται να επεκταθεί ώστε να συμπεριλαμβάνει και τη δυνατότητα ελέγχου της ποιότητας του διαθέσιμου νερού, ως περιοριστικού παράγοντα για μια ακόμη πιο ολοκληρωμένη προσέγγιση (Dou et al. 2015).
- Θα πρέπει να προηγείται πάντα μια ολοκληρωμένη και ενδεδειγμένη αποτύπωση της υφιστάμενης κατάστασης σε ότι αφορά τις κοινωνικοοικονομικές δραστηριότητες, τη διαθεσιμότητα των υδατικών πόρων και των υδατικών αναγκών της υπό μελέτης περιοχή. Στην ελληνική πραγματικότητα υπάρχει δυσκολία συλλογής πρωτογενών δεδομένων, ειδικά σε ότι αφορά μικρές νησιωτικές περιοχές, καθώς συχνά δεν υπάρχουν καταγεγραμμένα στοιχεία ή και μεγάλης χρονικής κλίμακας δεδομένα γεγονός που δυσχεραίνει την επιστημονική προσέγγιση.
- Σε όλα τα σενάρια που εξετάστηκαν αλλά και στο έτος αναφοράς η μεγαλύτερη κατανάλωση νερού προέρχεται από τη γεωργία και την οικιακή κατανάλωση (νοικοκυριά). Με δεδομένο ότι οι υδατικοί πόροι είναι περιορισμένοι θα πρέπει να παρθούν μέτρα μείωσης κατανάλωσης και εξοικονόμησης νερού. Σε ότι αφορά τη γεωργία και σε συνεργασία με τους άμεσα ενδιαφερόμενους αυτά θα μπορούσαν να είναι προς της κατεύθυνση της διερεύνησης δυνατότητας επιλογής ποικιλιών που απαιτούν λιγότερο

νερό, βελτίωση των ήδη υπαρχόντων αρδευτικών δικτύων, τη χρήση νέων μεθόδων άρδευσης που εξοικονομούν νερό, τη δυνατότητα άρδευσης με επαναχρησιμοποιούμενα νερά κ.ά. Επίσης θα πρέπει να υπάρχει ενθάρρυνση της επεξεργασίας αποβλήτων και χρήση ανακυκλωμένου νερού στη γεωργία ή και σε χώρους πρασίνου. Σε ότι αφορά την οικιακή κατανάλωση πέραν της βελτίωσης του υδρευτικού δικτύου, που σε πολλές περιοχές κρίνεται επιτακτική θα πρέπει να δοθούν κίνητρα για τη χρήση νέων τεχνολογιών εξοικονόμησης νερού ή και διατήρηση παραδοσιακών τεχνικών αποθήκευσης βρόχινου νερού όπου ακόμη είναι εφικτό. Σημαντικότερο ίσως όλων κρίνεται η συνεχής ενημέρωση των πολιτών αλλά και η προσπάθεια αλλαγής καταναλωτικών προτύπων και νοοτροπίας σε ότι αφορά το ζήτημα του νερού.

- Σύμφωνα με τη μεθοδολογία που αναπτύχθηκε διαφαίνεται ότι για το νησί της Λέσβου οι διαθέσιμοι υδατικοί πόροι επαρκούν υπό τις παρούσες κλιματικές συνθήκες και παρέχουν τη δυνατότητα περαιτέρω κοινωνικοοικονομικής ανάπτυξης. Το γεγονός της επάρκειας στη Λέσβο, οφείλεται στην ανάπτυξη σημαντικών υδρολογικών λεκανών, λόγω μεγέθους, σε σχέση με άλλα μικρότερα νησιά. Επίσης ο τομέας του τουρισμού στη Λέσβο δε συμβάλλει σε σημαντικό βαθμό την κατανάλωση νερού, γεγονός του δεν θα μπορούσε να ειπωθεί σε περίπτωση άλλων νησιών με πιο αυξημένη τουριστική ζήτηση.
- Σε ότι αφορά το μέλλον και με βάση τις προβλέψεις διαφαίνεται ότι οι υδατικοί πόροι, στην περίπτωση της Λέσβου, δεν θα επαρκούν για την στήριξη των οικονομικοκοινωνικών δραστηριοτήτων. Και στα δύο σενάρια που εξετάζονται υπό συνθήκες κλιματικής αλλαγής η οικονομία του νησιού υφίσταται σημαντική συρρίκνωση σε σχέση με την παρούσα κατάσταση. Για το λόγο αυτό θα πρέπει να παρθούν κατάλληλα μέτρα ορθολογικής διαχείρισης των υδατικών πόρων άμεσα ώστε να αμβλυνθούν ή δυνατόν οι αρνητικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής.
- Εξετάζοντας τα σενάρια στα οποία λαμβάνεται υπόψη η δυνατότητα ανάσχεσης μέρους της επιφανειακής απορροής σε συνθήκες κλιματικής αλλαγής ή μη παρατηρείται ότι:

1. Υπό τις παρούσες κλιματικές συνθήκες με ανάσχεση επιφανειακής απορροής υπάρχει δυνατότητα περαιτέρω ανάπτυξης της οικονομίας της τάξης του 31 % και
2. Υπό συνθήκες κλιματικής αλλαγής με ανάσχεση επιφανειακής απορροής, παρόλο που διαφαίνεται συρρίκνωση της οικονομίας, αυτή είναι σημαντικά μικρότερη σε σχέση με το σενάριο σε συνθήκες κλιματικής αλλαγής χωρίς ανάσχεση και είναι 35% και 58% συρρίκνωση αντιστοίχως.

Έργα, όπως εξωποτάμιες λιμνοδεξαμενές ή μικροφράγματα ανάσχεσης της επιφανειακής απορροής μικρής κλίμακας, που υλοποιούνται με κριτήριο το σεβασμό στις ιδιαίτερες περιβαλλοντικές συνθήκες των νησιών και λαμβάνουν υπόψη την ευθραυστότητα των οικολογικών ενδιαμιμάτων, είναι δυνατό να συμβάλουν στον εμπλουτισμό των υπόγειων υδροφόρων οριζόντων αλλά και στη εξισορρόπηση της χωρο-χρονικής ανισοκατανομής της προσφοράς και της ζήτησης νερού. Επίσης εξασφαλίζεται η μείωση της γρήγορης απορροής προς τη θάλασσα, όπως συμβαίνει για παράδειγμα με τα πλημμυρικά φαινόμενα, επιμηκύνοντας τη ροή του ρέματος – ποταμού (Lajoie 2007). Τέλος είναι δυνατό να συμβάλλουν στην άμβλυση του φαινομένου της υφαλμύρισης των υπόγειων υδροφορέων και του φαινομένου διάβρωσης εδαφών. Στα παραπάνω έργα μπορούν να προστεθούν μέτρα όπως η διατήρηση και βελτίωση των αναβαθμίδων, οι οποίες μειώνουν την ταχύτητα απορροής και αυξάνουν την κατείδυση βρόχινου νερού, η πολιτική αναδάσωσης και προστασίας των δασικών εκτάσεων και δημιουργία καναλιών κατά μήκος αγροτικών οδών που θα διοχετεύουν το νερό σε περιοχές με βλάστηση ή σε μικρούς λάκκους από όπου θα κατεισδύει στο υπέδαφος (Μαντόγλου 1998).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Angelakis, A., 1999. The status of wastewater reuse practice in the Mediterranean basin: need for guidelines. *Water Research* 10, pp. 2201-2217.

Arhonditsis, G., Tsirtsis, G., Angelidis, O. & Karydis, M., 2000. Quantification of the effects of nonpoint nutrient sources to coastal marine eutrophication: applications to a semi-enclosed gulf in the Mediterranean sea. *Ecological Modeling* 129, pp. 209-227.

Behnke, R., Scoones, I. & Kerven C., 1993. *Range ecology at disequilibrium: New models of natural variability and pastoral adaptation in African savannas*. London: Overseas Development Institute.

Bentley, H.L., 1898. Cattle ranges of Southwest: A history of the exhaustion of the pasturage and suggestions for its restoration. *USDA Farmer's Bulletin No 72*.

Botkin, D.B., 1990. *Discordant Harmonies: A new ecology for the twenty – first century*. New York: Oxford University Press.

Bowen, I., 1954. *Population*. Cambridge: Cambridge University Press.

Cicin – Sain, B. & Knecht, R.W., 1998. *Integrated coastal and ocean management: Concepts and practices*. Washington DC: Island Press.

Clarke, A.L., 2002. Assessing the carrying capacity of the Florida Keys. *Population and Environment* 23 (4), pp. 405-418.

Clements, F.E., 1920. *Plant indicators: The relation of plant communities to process and practice*. Washington, DC: Carnegie Institution of Washington.

Cohen, J.E., 1995a. *How Many People Can the Earth Support?* New York: W.W. Norton & Co.

Cohen, J.E., 1995b. Population growth and Earth's human carrying capacity. *Science* 269, pp. 341-346

Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neil, R., Paruelo, J., Raskin, R.G., Sutton, P. & van den Belt, M., 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387, pp. 253-260.

Darwin, C., 1969. *The variation of animals and plants under domestication* [1868]. Brussels: Facsimile edition, Culture and Civilisation.

Darwin, C., 1993. In: Barlow, N.III (Ed.), *The Autobiography of Charles Darwin, 1809 – 1882* [Collins, London 1959]. New York: W.W. Norton & Co.

Dou, M., Zuo, Q.T., Hu, R., 2010, carrying capacity of water environment in the Huaihe River basin. *Adv. Water Sci.* 21(2), pp. 248-254.

Dou, M., Ma, J., Li, G. & Zuo, Q.T., 2015. Measurement and assessment of water resources carrying capacity in Henan Province, China. *Water Science and Engineering*, pp. 1-12.

Edwards, R. Y. & Fowle, C.D., 1955. The concept of carrying capacity. In *Transactions of the 20th North American Wildlife Conference*, ed. J. B. Trefethen, Washington, DC: Wildlife Management Institute.

Fabbri, K.P., 1998. A methodology for supporting decision making in integrated coastal management. *Ocean and Coastal Management* 39, pp. 51-62.

Falkenmark, M. & Ludqvist, J., 1998. Towards water security: political determination and human adaptation crucial. *Natural Resources Forum* 21(1), pp. 37-51.

Feng, L.H., Zhang, X.C. & Luo, G.Y., 2008. Application of system dynamics in analyzing the carrying capacity of water resources in Yiwu City, China. *Mathematics and Computers in Simulation* 79(3), pp. 269-278.

Gast, C.E., 1898. The Colorado doctrine of riparian rights and some unsettled questions. *The Yale Law Journal* 8 (2). pp. 71-81.

Giannakopoulos, C., Kostopoulou E., Varotsos K.V., Tziotziou K. & Plitharas A, 2011. An integrated assessment of climate change impacts for Greece in the near future. *Regional Environmental Change* 11, pp. 90-104.

Giorgi, F. & Lionello, P., 2008. Climate change projections for the Mediterranean region. *Global and Planetary Change* 63, pp. 90-104.

Gonzales-Riancho, P., Sano, M., Medina, R., Garcia-Aguilar, J. & Areizaga, J., 2009. A contribution to the implementation of ICZM in the Mediterranean developing countries. *Ocean and Coastal Management* 52, pp. 545-558.

Graymore, M.L.M., Sipe, N.G. & Rickson, R.E., 2009. Sustaining human carrying capacity: a tool for regional sustainability assessment. *Ecological Economics* 69 (3), pp. 459-468.

Hutchinson, G.E., 1979. *An Introduction to Population Ecology*. Yale University Press, New Haven.

Hunter, C., 1998. Perception of the sustainable city and implications for fresh water resources management. *International Journal of Environment and Pollution* 10(1), pp.84-103.

Krasakopoulou, E. & Pagou, K., 2011. Seasonal steady-state budgets of nutrients and stoichiometric calculations in the Eastern Mediterranean lagoon (Papagos Lagoon - Greece). *Mediterranean Marine SCIENCE* 12 (1), pp. 21-41.

Lajoie, F., Assani, A., Roy. & Mesfioui, M., 2007, Impacts of dams on monthly flow characteristics: The influence of watershed size and season. *Journal of Hydrology* 334(3-4), pp. 423-439.

Lelieveld, J., Hadjinikolaou, P., Kostopoulou, E., Chenoweth, J., El Maayar, M., Giannakopoulos, C., Lange M.A., Tanarhte, M., Tyrlis, E. & Xoplaki, E., 2012. Climate change and impacts in the Eastern Mediterranean and the Middle East. *Climate Change* 114, pp. 667-687.

Lelieveld, J., Hadjinikolaou, P., Kostopoulou, E., Giannakopoulos, C., Pozzer, A., Tanarhte, M. & Tyrlis, E., 2014. Model projected heat extremes and air pollution in

the eastern Mediterranean and Middle East in the twenty- first century. *Regional Environmental Change* 14, pp. 1937-1949.

Leopold, A., 1933. *Game management*, New York: Scribner

Liu, R.Z. & Borthwick, A.G.L., 2011. Measurement and assessment of carrying capacity of the environment in Ningbo, China. *Journal of Environmental Management* 92, pp. 2047-2053.

Miller, T., 2000. *Sustaining the earth: an integrated approach*. Pacific Grove: Books/Cole Pub. Co.

Morotta, L., Ceccaroni, L., Matteucci, G., Rossini, P & Guerzoni, S., 2011. A decision-support system in ICZM for protecting the ecosystems: integration with the habitat directive. *Journal of Coastal Conservation* 15, pp. 393-405.

Odum, E. P. 1971. *Fundamentals of ecology*, 3rd ed. Philadelphia: Saunders

Oh, K., Jeong, Y., Lee, D., Lee W. & Choi, J., 2005. Determining development density using the urban carrying capacity assessment system. *Landscape and Urban Planning* 73 (1), pp. 1-15.

Palmer, B.J., Hill, T.R., Mc Gregor, G.K & Paterson, A.W., 2011. An assessment of Coastal Development and Land Use Change Using the DPSIR Framework: Case study from the Eastern Cape, South Africa. *Coastal Management* 39, pp. 158-174.

Perl, R. & Reeds, L.L., 1920. On the rate of growth of the population of the US since 1970 and its mathematical representation. *Proceedings of the National Academy of Science of the USA* 6, pp. 275-288.

Perry, C., 2013. ABCD+F: a framework for thinking about water resources management. *Water International Journal* 38.

Pratto, T., 2009. Fussy adaptive management of social and ecological carrying capacities for protected areas. *Journal of Environmental Management* 90 (3),pp. 2551-2557.

Sano, M. & Medina, R., 2012. A systems approach to identify sets of indicators: Applications to coastal management. *Ecological Indicators* 23, pp. 588-596.

Sarda, R., Avila, C. & Mora, J., 2005. A methodology approach to be used in integrated coastal zone management processes: the case of the Catalan Coast (Catalonia, Spain). *Estuarine Coastal and Shelf Science* 62, pp. 427-439.

Sayre, N.F., 2008. The Genesis, History, and Limits of Carrying Capacity. *Annals of the Association of American Geographers*, 98:1, pp. 120-134.

Seidl, I. & Tisdell, C., 1999. Carrying capacity reconsidered: from Malthus' population theory of cultural carrying capacity. *Ecological Economics* 31, pp. 395-408.

Sheffield, J. & Wood, E.F., 2008. Projected changes in drought occurrence under global warming from multi-model, multi-scenario, IPCC AR4 simulations. *Climate Dynamics* 31, pp., 79-105.

Silveira, L. Charbonnier, F. & Genta, J., 2003. The antecedent soil moisture condition of the curve number procedure. *Hydrological Sciences – Journal des Sciences Hydrologiques* 45 (1).

Smith, J.G., 1899. Grazing problems in the Southwest and how to meet them. *USDA Division of Agrostology Bulletin No 16*.

Spyropoulou, A., Spatharis, S., Papantoniou, G. & Tsirtsis, G., 2012, *Potential response to climate change of a semi-arid coastal ecosystem in eastern Mediterranean*.

Tsirtsis, G., Avagianou, E., Kontogianni, A., Spatharis, S. & Kavakli Z., 2006. *DSS development and application Gulf of Gera case study*. DITTY Technical Report, University of the Aegean, School of Environmental Sciences, Department of Marine Sciences.

Tsoukala, A., Spilanis, I., Banos-Gonzales, I., Martinez-Fernandes, J., Esteve-Selma M.A. & Tsirtsis, G., 2018, An exercise in decision support modeling for islands: a case study for a “typical” Mediterranean island. *Island Studies Journal*.

USDA, U.S.D.O.A., 1986. *Urban hydrology for small watersheds. Technical Release 55 (TR-55) (Second Edition ed.) Natural Resources Conservation Service, Conservation Engineering Division.*

Verhulst, P.F., 1838. Notice sur la loi que la population suit dans son accroissement. *Correspondance Math. Phys.* 10, pp. 113-121

Westoby, M., 1980, Elements of a theory of vegetation dynamics in arid rangelands. *Israel Journal of Botany* 28, pp. 169-194

Young, R.M., 1969. Malthus and the evolutionists. *Past Present* 43, 109-144.

Zhang, Y.Y., Chen, M., Zhou, W.H., Zhuang, C.W. & Quyang Z.Y., 2010. Evaluating Beijing's human carrying from the perspective of water resource constraints. *Journal of Environmental Sciences* 22(8), pp. 1297-1304.

Κοντοπίδης, Β., 2003. *Υδατικές ανάγκες στη νησιωτική Ελλάδα, Η περίπτωση της Νάξου*, Πρακτικά Β' Πανελληνίου Συνεδρίου με θέμα «Η Νάξος δια μέσου των αιώνων», Χαλκίδα.

Κοκκώσης, Χ., & Μπεριάτος, Η., 2016. Χωρική Ανάπτυξη και Σχεδιασμός, Θαλάσσιος Χωροταξικός Σχεδιασμός και Ολοκληρωμένη Διαχείριση Παράκτιων Περιοχών. Περιοδικό Αειχώρος, Βόλος: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας.

Μαντόγλου, Α., 1998, *Βιώσιμη διαχείριση υδατικών πόρων στα νησιά του Αιγαίου*, Ελληνική Επιτροπή για τη Διαχείριση Υδατικών Πόρων. πρακτικά 3^{ου} Εθνικού Συνεδρίου, Σύρος

Μυγιάκη Ροζαλία, 2015. *Υδρολογικά ισοζύγια σε νησιά του Ανατολικού Αιγαίου και Κλιματική αλλαγή: Η περίπτωση της Λέσβου*. Μεταπτυχιακή Διατριβή, Μυτιλήνη: Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Σχολή Περιβάλλοντος, Τμήμα Επιστημών της Θάλασσας.

Μυλόπουλος, Γ., 2000. *Διαχείριση της Ζήτησης και Κοστολόγηση Νερού*. Ελληνική Επιτροπή για τη Διαχείριση Των Υδατικών Πόρων

Παπούτσογλου, Σ., 1996. *Το υδάτινο περιβάλλον και οι οργανισμοί του*. Αθήνα: Εκδόσεις Σταμούλη.

Τσώνης, Σ., 2003. *Καθαρισμός νερού*. Αθήνα: Εκδόσεις Παπασωτηρίου.

Σούλιος, Γ., 1986. *Γενική Υδρογεωλογία*. Θεσσαλονίκη: University Studio Press.

Σούλιος, Γ., 1996. *Γενική Υδρολογία, Α' Τόμος*. Θεσσαλονίκη: University Studio Press.

Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, *Σχέδιο Διαχείρισης λεκανών απορροής ποταμών του υδατικού διαμερίσματος Νήσων Αιγαίου* (ΦΕΚ Β'/2019/2015).